Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gabriel Heitor da Silva Rocha

Desenvolvimento de um Robô de aparafusamento com AS-i

Julho de 2009

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gabriel Heitor da Silva Rocha

Desenvolvimento de um Robô de aparafusamento com AS-i

Mestrado em Engenharia Electrónica Industrial e Computadores

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Cristina Manuela Peixoto dos Santos

Julho de 2009

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho,

Assinatura:_____

> *"A solução é sempre fácil, basta encontrá-la."*
>
> *Alexander Solschenizyn*
> *1918*
> *Escritor russo*

Agradecimentos

Durante a realização deste trabalho muitas pessoas foram importantes. Desde já agradeço a todos aqueles que deram o seu contributo.

Ao meu orientador na empresa, Engº Paulo Compadrinho, pela orientação nas horas em que isso faltava e pelos ensinamentos tanto ao nível técnico como de experiência que foram fulcrais para o sucesso deste projecto. Muito obrigado.

Ao Tiago Barbosa pela disponibilidade apresentada sempre que necessitava. Muito obrigado.

Aos meus dois colegas de curso, também na empresa, pelo apoio. Muito obrigado.

A todos os restantes colaboradores da ITEC agradeço pelo apoio na integração na empresa.

À professora Cristina Santos pela orientação, disponibilidade e pelos ensinamentos ao longo do curso. Muito obrigado.

Aos meus colegas que me acompanharam mais de perto nestes cinco anos de estudos na Universidade um muito obrigado pelo apoio e companhia.

À Catarina que foi peça fundamental na finalização deste relatório e motivação para a sua execução.

Aos meus pais, pelo esforço e dedicação que tiveram, pois sem eles nada disto seria possível. Muitíssimo obrigado.

Resumo

Na sociedade actual a automação assume, enquanto processo laboral, um lugar de destaque no âmbito empresarial. Efectivamente, é cada vez mais exigido às organizações a qualidade dos produtos e rapidez na sua fabricação para colocação no mercado. Ao mesmo tempo é essencial ter em consideração a ergonomia dos equipamentos no sentido de garantir uma fácil interacção e manuseamento com os mesmos.

Neste sentido foi-nos proposta a fabricação de uma célula de aparafusamento automática para uma empresa de auto rádios do ramo automóvel. Para efectuar as funções à qual se destina, esta célula foi desenvolvida com um robô Scara e uma rede AS-i (Actuator Sensor Interface). A rede AS-i é um sistema de rede aberto e padronizado que liga todos os sinais num só cabo de dados e energia contrapondo com as tradicionais ligações ponto a ponto. Do mesmo modo que possibilita a fácil monitorização e rápida instalação dos dispositivos.

O objectivo principal deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma célula com 3 bases de aparafusamento alternado, um robô Scara, uma aparafusadora que controle ângulo e binário e um alimentador automático de parafusos.

O controlo da célula é feito num computador através de um software desenvolvido no âmbito do projecto que comunica com a rede controlando assim todos os dispositivos.

Palavras-Chave: Robótica, Robôs de aparafusamento, Rede AS-i.

Abstract

In today's society, automation, while a labor process is also a place of prominence in the business. Indeed, any organization is today demanded to raise its product quality and manufacturing speed. At the same time, ergonomics' considerations have to be taken into account in order to ensure and easy handling and interaction with the equipments.

In this work it is described the development of a cell for automatic screwing. This was a proposal from an industry of auto radios' for cars. This cell comprises a Scara robot and an AS-I (Actuator Sensor Interface) network.

The As-I is an open system and standardized network that connects all the data and energy signals in one cable contrasting with the traditional point to point connections. Further, it enables an easy and quick installation of monitoring devices.

The work described aims at developing a automatic screwing cell with three alternate bases for screwing, a robot Scara, a screwdriver with angle and torque control and an automatic screw feeder. The Control of the cell is done through a computer software developed under the project that communicates with the network controlling all devices.

Keywords: Robotics, Screwing Robots, As-i Network.

Índice

Resumo i
Abstract iii
Índice de tabelas vii
Índice de Figuras ix
Acrónimos xi
Capítulo 1 1
1 Introdução 1
1.1 Motivação e enquadramento 1
1.2 Objectivos 2
1.3 Estrutura do relatório 3
Capítulo 2 5
2 Célula de aparafusamento 5
2.1 Arquitectura do sistema 5
2.1.1 Computador 8
2.1.2 Conjunto Robô 8
2.1.2.1 Robô 8
2.1.2.2 Aparafusadora 9
2.1.2.3 Receptor de parafusos 9
2.1.3 Bases 9
2.1.4 Alimentador de parafusos 9
2.1.5 Sistemas de segurança 10
Capítulo 3 11
3 Implementação da célula 11
3.1 Bases e áreas de trabalho 13
3.2 Blocos de electroválvulas 16
3.3 Robô 17
3.4 Aparafusadora e receptor de parafusos 19
3.4.1 Parametrização da aparafusadora 22
3.5 Alimentador de parafusos 24
3.6 Sistemas de segurança 25
3.6.1 Barreiras de segurança 27
3.7 Computador e Rede AS-i 29

3.7.1 Componentes da rede AS-i 29
3.7.2 Programa de monitorização e configuração da rede AS-i 31
Capitulo 4 33
4 Software 33
4.1 Interfaces 34
4.1.1 Interface Inicial 35
4.1.2 Interface Processo principal 36
4.1.3 Interface Gestão de programas 38
4.2 Desenho da aplicação 40
4.2.1 Módulo Controlo principal 42
4.2.2 Módulo do Controlo AS-i 46
4.2.3 Módulo das Bases 48
4.2.4 Módulo do Receptor de parafusos 50
4.2.5 Módulo do Robô 51
4.2.6 Módulo do Alimentador de parafusos 53
4.2.7 Módulo da Aparafusadora 54
Capítulo 5 55
5 Resultados 55
5.1 Sistemas mecânicos 56
5.1.1 Estrutura na ponta do robô 56
5.1.2 Ajuste do receptor de parafusos 57
5.1.3 Alimentação de parafusos 57
5.2 Aparafusamento 59
5.3 Teste de capabilidade 60
5.3.1 Resultados do teste 60
5.3.2 Conclusões 61
Capítulo 6 63
6 Conclusões e perspectivas futuras 63
Bibliografia 65
Referências 67

Índice de tabelas

Tabela 1 - Especificações Robô Janome JS450 18
Tabela 2 - Comandos para comunicação com o Robô 51

Índice de Figuras

Fig. 1- Bloco de apresentação dos dispositivos presentes na célula 6
Fig. 2 – Formas de interligação entre dispositivos 7
Fig. 3 – Vista da parte frontal da célula com a indicação dos dispositivos incorporados 11
Fig. 4 - Parte traseira da célula onde se encontra o alimentador e se tem acesso ao robô 12
Fig. 5 – Bases e o seu movimento 13
Fig. 6 – Áreas da célula e barreiras de segurança que protegem o acesso às áreas 14
Fig. 7 – Conjunto de botões, verde e vermelho, de uma base 15
Fig. 8 – Bloco de electroválvulas com as saídas para actuar os cilindros e entrada de sinais de sensores 16
Fig. 9 – Robô Janome montado na célula 17
Fig. 10 – Aparafusadora Atlas, camisa de vácuo que suporta o parafuso e receptor de parafusos 19
Fig. 11 – Módulo de I/Os AS-i que realiza o interface entre dispositivos comuns e a rede 20
Fig. 12 – Indicação dos sentidos de deslocamento dos cilindros do receptor de parafusos 21
Fig. 13 - Gráfico de aparafusamento em três passos 23
Fig. 14 - Alimentador Intec instalado 24
Fig. 15 - Os dispositivos de segurança estão todos ligados ao relé de segurança 25
Fig. 16 – Software de programação do relé de segurança fornecido pelo fabricante. Representação da conjugação dos sinais dos dispositivos que actuam as duas saídas. 26
Fig. 17 – Barreiras de segurança Sick 27
Fig. 18 – Barreira interior da célula 28
Fig. 19 – Software fornecido pelo fabricante da placa de interface com a rede AS-i. Pode-se ver o master sendo a placa e os dispositivos ligados em rede. 31
Fig. 20 – Ligação entre interfaces 34
Fig. 21 – Interface inicial e seus campos 35
Fig. 22 – Interface do processo principal 36
Fig. 23 – Indicação dos vários campos do interface do processo principal 37
Fig. 24 – Interface da gestão de programas 38
Fig. 25 - Diagrama da transmissão de dados e hierarquia entre módulos de software 40
Fig. 26 - Interface do processo principal que é exibido por este módulo 42
Fig. 27 – Fluxograma do fluxo de execução do processo principal 43
Fig. 28 – Na base 3 pode-se ver que o aparafusamento foi concluído com sucesso 44
Fig. 29 – Interligação entre o software e o hardware feito através do módulo de software Controlo AS-i 46
Fig. 30 – Interface do módulo das bases 48
Fig. 31 – Interface do módulo do receptor de parafusos 50
Fig. 32 – Interface do módulo do alimentador 53
Fig. 33 – Interface do módulo da aparafusadora 54
Fig. 34 – Constituição interna do suporte do eixo do robô 56

Fig. 35 – Mensagem apresentada quando o alimentador não conseguia fornecer o parafuso pedido. Depois de eliminado o erro, pressionar o botão adjacente para voltar ao normal funcionamento 58
Fig. 36 – Gráfico binário/ângulo de um aparafusamento obtido através do software do fabricante da aparafusadora 59
Fig. 37 – Gráfico da distribuição do número de parafusos não apertados em cada ponto de cada base 60
Fig. 38 – Vista de corte da base com a peça a aparafusar 61

Acrónimos

AS-i	Actuator Sensor Interface
mm	Milímetros
VB	Visual Basic
I/Os	Entradas e Saídas (Inputs and Outputs)
Ncm	Newton Centímetro
Nm	Newton Metro
PLC	Autómatos programáveis
rpm	Rotações/minuto
ESD	Electro Static Discharge (Descarga Electrostática)

Capítulo 1

1 Introdução

Neste capítulo introduz-se a dissertação indicando a motivação para a realização da mesma, o seu enquadramento no âmbito do curso e por fim apresentam-se os objectivos propostos.

1.1 Motivação e enquadramento

No âmbito do Mestrado integrado em Engenharia Electrónica Industrial e Computadores, a realização de um projecto para a Dissertação do curso supra mencionado é condição para o termo do mesmo.

No mundo em que vivemos cada vez mais a automação de processos é prática comum tanto para obter qualidade como rapidez na produção dos mais diversos produtos.

Desta forma, inserido num projecto da empresa ITEC, sediada em Braga, desenvolveu-se uma célula de aparafusamento automático para a empresa Blaupunkt.

A ITEC, fundada em 2006, dedica-se ao comércio de equipamentos e serviços para indústria electrónica e automóvel com especial destaque para as áreas de aparafusamento, doseamento de fluidos, protecção ESD, soldadura, automação e robótica.

A Blaupunkt é uma empresa multinacional com sede na Alemanha que desenvolve auto-rádios para a indústria automóvel. Uma grande fatia do seu processo de fabrico é naturalmente o aparafusamento. Sendo os aspectos fulcrais desse processo a redução dos tempos de manufactura, automatização dos processos e fiabilidade, são utilizados vários tipos de equipamentos para o realizar desde aparafusamento manual com braços torque que suportam a aparafusadora a células totalmente automáticas com robô

1.2 Objectivos

O principal objectivo deste projecto é a criação de uma célula de aparafusamento de peças para auto rádios que cumpram as funcionalidades pedidas pelo cliente. Este objectivos incluem:

- Construir uma célula com as dimensões standard do cliente.
- Utilizar um robô Scara, uma aparafusadora que controle ângulo e binário, um alimentador de parafusos automático, três bases de aparafusamento e um computador.
- Efectuar a ligação entre dispositivos recorrendo à rede AS-i (Actuator Sensor Interface).
- Controlar a célula de aparafusamento através de um software executado num computador.
    - Este controlo tem que cumprir requisitos temporais e executar sem erros.
- Desenvolver interfaces para os operadores de simples compreensão e interacção com o sistema
    - Um para o operador comum
    - Outro para a gestão e configuração de parâmetros da célula

1.3 Estrutura do relatório

No sentido de dar resposta aos objectivos apresentados anteriormente este relatório divide-se em seis capítulos.

No primeiro apresenta-se a dissertação indicando o motivo que levou à sua elaboração e os objectivos.

No segundo capítulo é apresentado o problema e os requisitos a ter em consideração para o resolver.

A descrição do trabalho realizado vem apresentada no terceiro e quarto capítulo. Neste são descritos a constituição física, os dispositivos incorporados na célula e o software desenvolvido.

Os resultados do trabalho são apresentados no capítulo cinco e as conclusões no capítulo seis.

Capítulo 2

2 Célula de aparafusamento

No presente capítulo são apresentados o problema e os requisitos necessários para responder ao mesmo.

Desta forma, descreve-se os requisitos funcionais dos dispositivos e o modo como estão interligados assim como a caracterização física da célula.

2.1 Arquitectura do sistema

Uma vez que o principal objectivo deste projecto é o aparafusamento automático de peças para auto-rádios foi necessário desenvolver uma solução que englobasse a utilização de robôs e alimentadores automáticos de parafusos.

Para a colocação das peças a aparafusar e por requisito do cliente, serão utilizadas três bases.

Os requisitos do sistema a desenvolver são especificados pelo cliente e são:

- Construir uma célula com as dimensões standard do cliente.
- Utilizar um robô Scara, uma aparafusadora que controle ângulo e torque, um alimentador de parafusos automático, três bases de aparafusamento e um computador.

Efectuar a ligação entre dispositivos recorrendo à rede AS-i (Actuator Sensor Interface).

Para responder aos requisitos apresentados, elaborou-se o esquemático apresentado na Fig. 1.

Os dispositivos envolvidos são o computador, os sistemas de segurança, 3 bases, em robô equipado com uma aparafusadora e um receptor de parafusos e um alimentador de parafusos.

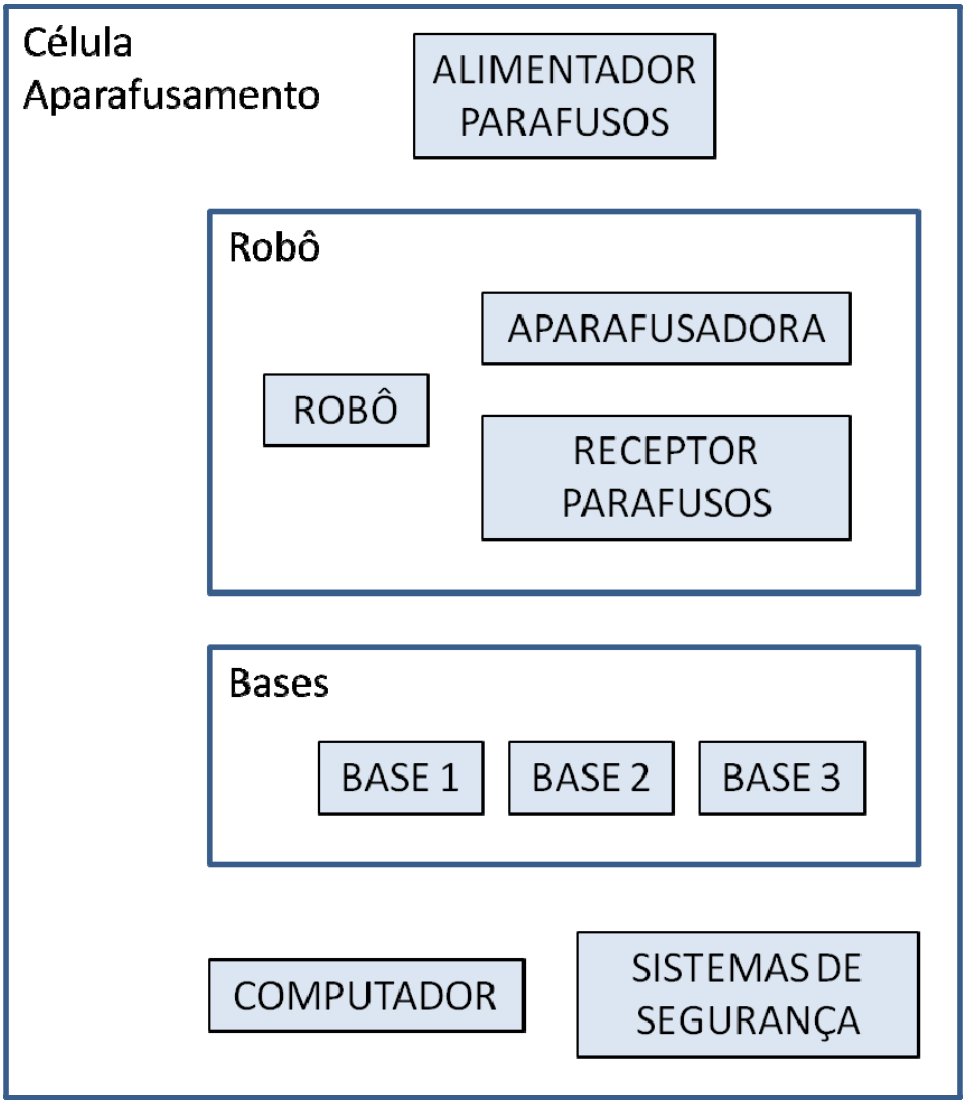

Fig. 1- Bloco de apresentação dos dispositivos presentes na célula

O computador será o controlador principal, “master”, de todas as comunicações, sendo os dispositivos os seus “slaves” que respondem aos comandos do controlo principal.

A interligação entre os dispositivos que constituem a arquitectura da célula é apresentada no seguinte esquema (Fig. 2).

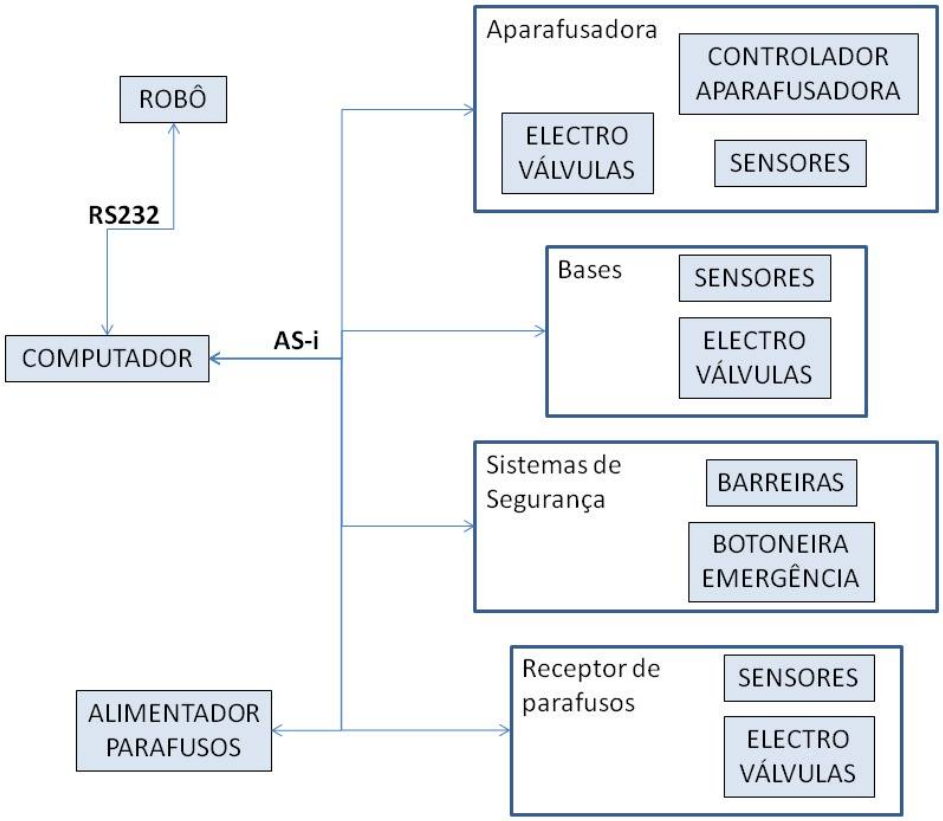

Fig. 2 – Formas de interligação entre dispositivos

Devido à exigência do cliente na utilização da rede AS-i, é necessário que os dispositivos tenham um interface com a rede AS-i.

A ligação com o robô será através de porta série (RS232) devido à existência deste protocolo no dispositivo e à sua fácil implementação.

De seguida passar-se-á à apresentação das especificações funcionais dos dispositivos a serem implementados.

2.1.1 Computador

O computador serve de controlador principal. Este terá de realizar o interface com a rede assim como a sua gestão.

Além de controlar todo o processo, terá de dar ao operador a possibilidade de monitorizar visualmente o estado do processo, assim como o registo estatístico para análises da eficácia do processo de aparafusamento.

Outro requisito consiste na sua futura utilização para a ligação do sistema à base de dados da empresa, efectuando deste modo o registo das peças que passam pela célula.

2.1.2 Conjunto Robô

2.1.2.1 Robô

Com a necessidade de cobrir uma vasta área, devido à utilização de três bases, o robô escolhido é do tipo Scara o que minimiza o espaço por ele ocupado.

O robô terá de se deslocar para uma determinada posição indicada pelas coordenadas enviadas pelo controlo principal. Para tal, terá de ser implementado o protocolo RS232 para efectuar a comunicação com o computador e o respectivo controlo do robô pelo computador.

Como ferramenta, aplicada no seu último eixo, terá que ter a aparafusadora e o dispositivo que efectua a recepção do parafuso fornecido pelo alimentador.

2.1.2.2 Aparafusadora

Este dispositivo terá que controlar tanto o ângulo como o binário que aplica no aparafusamento. A sua ergonomia compacta e leve é fundamental para a sua colocação no robô.

2.1.2.3 Receptor de parafusos

Este dispositivo recebe o parafuso enviado pelo alimentador e coloca-o na ponta da aparafusadora.

2.1.3 Bases

Para uma maior eficácia e minimização do tempo vão ser utilizadas três bases para se colocar as peças. Assim, pode-se ter uma peça a ser aparafusada, outra pronta para passar ao posto seguinte e uma base livre para receber uma nova peça. Este princípio vai levar à minimização do tempo de ciclo do processo.

2.1.4 Alimentador de parafusos

O fornecimento automático de parafusos possibilita a minimização do tempo de ciclo. Possibilita também, uma diminuição do movimento do robô, dado que este se necessita deslocar para ir buscar o parafuso.

2.1.5 Sistemas de segurança

Devido ao movimento do robô no processo de aparafusamento sobre as bases, a área onde este actua terá que ser protegida. Daí a necessidade da criação de duas áreas de trabalho. Uma para trabalho do robô e outra para colocação das peças na célula, sendo esta de acesso ao operador.

A primeira deverá possibilitar o acesso para manutenções e possíveis intervenções. A segunda, devido à deslocação das bases de uma área para a outra, terá que proteger o operador dessa operação.

Deverá existir um interruptor de emergência que iniba toda a célula em caso de emergência.

Capítulo 3

3 Implementação da célula

Para a construção da célula de aparafusamento foi utilizado um perfil em alumínio. Na sua parte inferior está colocado o computador, o controlador do robô e os cilindros das bases. A parte superior consiste na área de trabalho, constituída pelas três bases e delimitada por policarbonato, para se visualizar o robô a efectuar o aparafusamento e colocar as peças (Fig. 3).

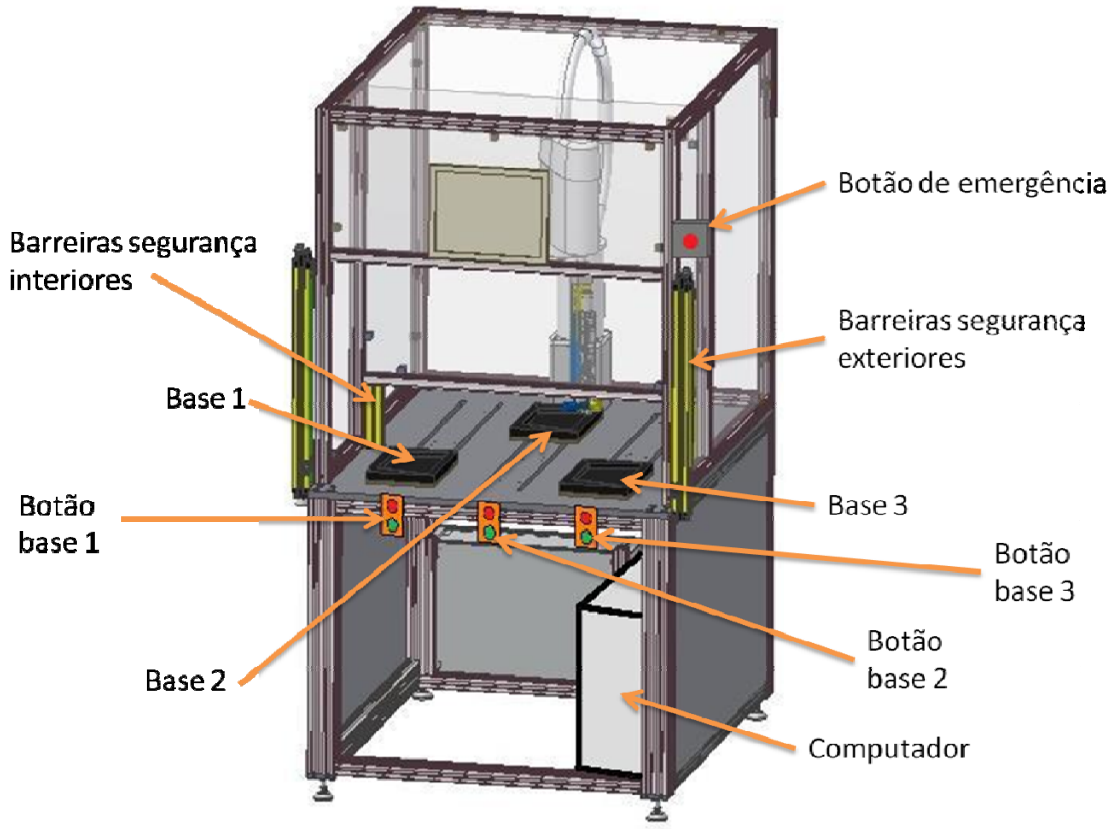

Fig. 3 – Vista da parte frontal da célula com a indicação dos dispositivos incorporados

A parte traseira da célula (Fig. 4) tem o alimentador de parafusos colocado sobre um suporte amovível de forma a ser possível o acesso à área de trabalho do robô.

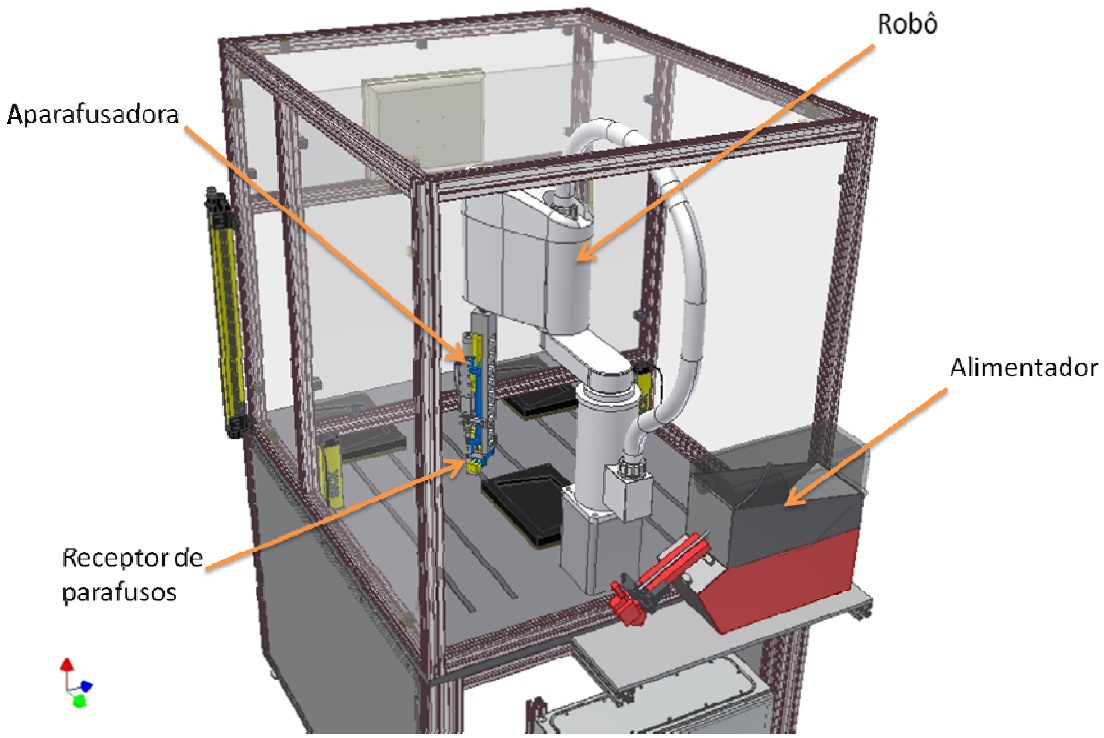

Fig. 4 - Parte traseira da célula onde se encontra o alimentador e se tem acesso ao robô

O alimentador encontra-se na parte traseira da célula para facilitar o seu acesso para manutenção e armazenamento de parafusos. A sua proximidade com a aparafusadora também é um pormenor importante na medida em que minimiza o tempo de deslocação do parafuso para a extremidade da aparafusadora.

3.1 Bases e áreas de trabalho

A célula tem três bases de trabalho (Fig. 5). Cada uma tem uma máscara que prende a peça à base. A máscara é utilizada para proteger a peça de ficar com algum parafuso que possa eventualmente cair durante o aparafusamento.

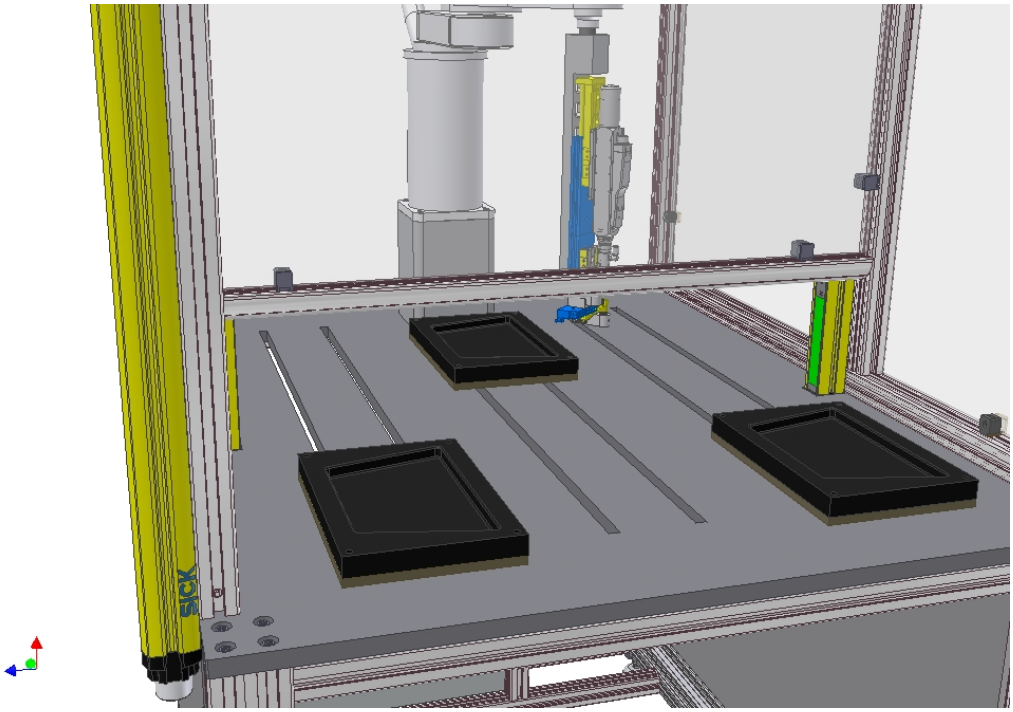

Fig. 5 – Bases e o seu movimento

Devido à necessidade de aceder às bases quando o robô está em funcionamento foram criadas duas áreas. Uma onde o operador acede para colocar as peças e outra onde o robô trabalha, efectuando o aparafusamento das peças (Fig. 6). Por este facto, a peça tem que ser deslocada da área de trabalho do operador para a área de aparafusamento. A movimentação das bases é realizada por cilindros pneumáticos actuados por blocos de electroválvulas e as suas posições de paragem indicadas por sensores.

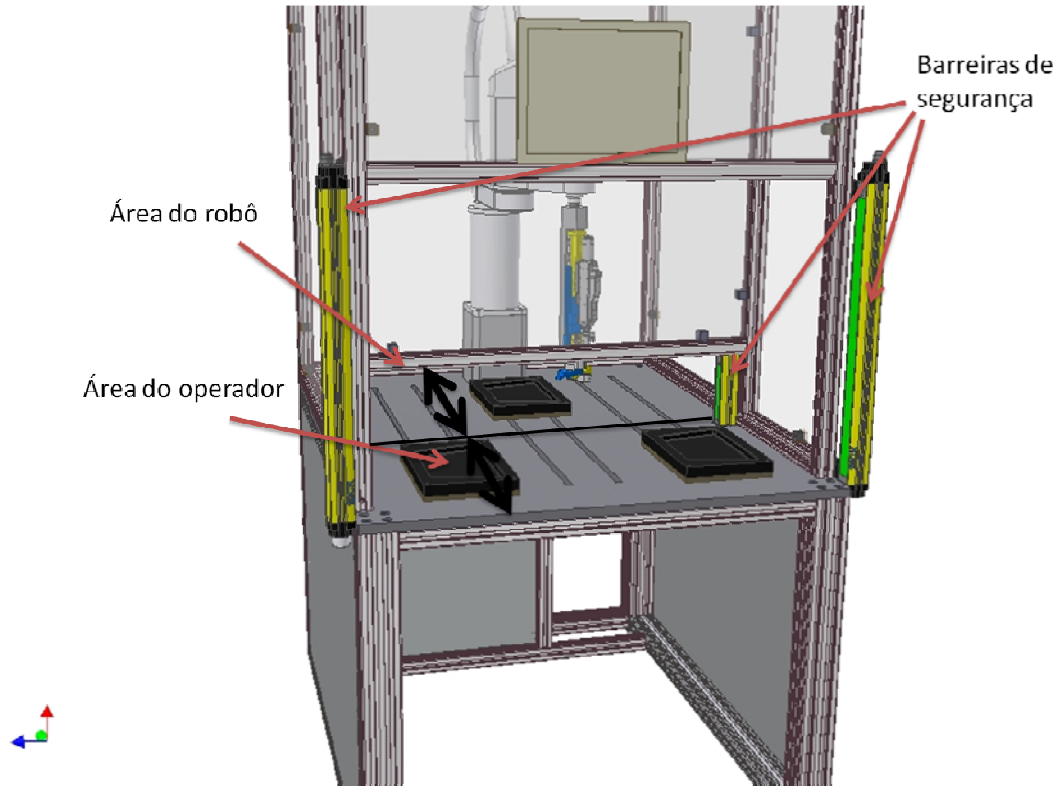

Fig. 6 – Áreas da célula e barreiras de segurança que protegem o acesso às áreas

A área do operador é protegida por barreiras de segurança, e sempre que o operador se encontra nessa área, o movimento das bases é impedido.

A área de trabalho do robô, ou seja, onde é feito o aparafusamento, é protegida também por barreiras de segurança. A violação dessa área quando o robô está em movimento provoca uma emergência de toda a célula impedindo o movimento do robô assim como das bases.

O acesso à área do robô é feito através da porta na parte traseira da célula. Essa porta também desactiva os movimentos do robô e das bases quando estes estão em funcionamento.

Existe ainda um botão de emergência que, quando pressionado desactiva a célula.

Na parte da frente da célula, encontram-se três conjuntos de botões onde se indica o inicio de um processo de aparafusamento. Estes botões comunicam por AS-i tendo um endereço próprio. Cada conjunto tem dois botões: um vermelho e outro verde (Fig. 7).

Fig. 7 – Conjunto de botões, verde e vermelho, de uma base

3.2 Blocos de electroválvulas

Todos os cilindros pneumáticos são actuados por blocos de electroválvulas.

Estes permitem, para além de actuarem nos cilindros, receber os sinais dos sensores e têm incorporado já o interface para AS-i.

Sendo muito compactas, são modulares podendo-se adicionar até um máximo de oito electroválvulas e oito sensores (Fig. 8).

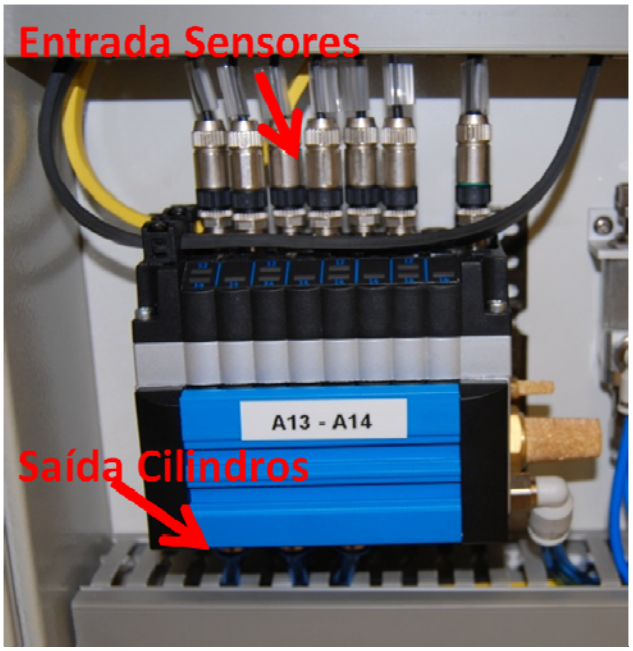

Fig. 8 – Bloco de electroválvulas com as saídas para actuar os cilindros e entrada de sinais de sensores

3.3 Robô

O robô é um Janome JS450 que suporta até 6kg (Fig. 9).

Foi escolhido este robô devido à facilidade de programação, interactividade e comunicação via porta série com um protocolo simples (cf. 4.2.5). Para além de que, na própria empresa, existem bastantes equipamentos com robôs desta marca, existindo já um grande conhecimento da sua integração, funcionamento e manutenção.

Fig. 9 – Robô Janome montado na célula

Estes robôs são equipados com servo motores e podem ser aplicados em múltiplas tarefas. Sendo as suas principais funcionalidades:

- Movimento estável mediante mecanismo de eixo duplo;
- Braço de alta rigidez;
- Ampla área de trabalho em forma elíptica;
- Cabos e conexões de fácil utilização;

- Grande Capacidade de memória (até 30000 pontos);
- Até 255 programas memorizáveis;

Tabela 1 - Especificações Robô Janome JS450 [1]

Comprimento do Braço	J1:225mm; J2:225mm; J1 + J2:450mm
Capacidade de Carga	6 Kg
Momento de Inércia	0.1 Kg.m2
Área de trabalho	J1: -130º; J2: -150º; Z: 150mm; R: ± 360º
Velocidade	J1: 5600(4000) mm/s; Z: 1850 mm/s; R: 1900º/s
Repitabilidade	X, Y: ± 0,015 mm; Z: -0.01 mm; R: -0.01º
Memória	255 programas ou 30.000 pontos
Accionamento	Servomotor
Sistema de operação	ponto a ponto (PTP) ou contínuo (CP)
Interpolação	Linear simultânea XYZ(R)-3D (CP)
Programação	Introdução manual de dados (MDI), remota ou directa
Sinais entrada/saída (E/S)	16 sinais de entrada e 16 de saída
Interface externo	RS232C (3), 37 entradas, 40 saídas (6 contactos de relé)
Alimentação 220V	180-250 VAC consumo 1050 VA
Tomadas para ferramentas	4 tomadas pneumáticas de 4mm, 14 para sinal
Temperatura de trabalho	0-40 ºC
Humidade relativa	20 - 90 % sem condensação
Peso	28Kg

Na ponta do robô, no seu eixo vertical Z, encontra-se a aparafusadora e o receptor de parafusos. Estes dois últimos dispositivos serão descritos detalhadamente no ponto seguinte.

3.4 Aparafusadora e receptor de parafusos

O aparafusamento é um processo crítico e rigoroso. A actuar nesta área existem vários fabricantes desde a Dessouter, Hilti, Hitachi, Doga, Bollhoff, Atlas Copco, entre outros [2].

Estas marcas enquadram-se no mercado com produtos que conseguem atingir binários na ordem da centésima até às centenas de Newton metro (Nm) tanto eléctricos como pneumáticos.

Na gama do Microtorque, ou seja, nos Newton centímetro (Ncm), a Atlas Copco distingue-se pela sua capacidade de resposta. Com binários tão pequenos é exigido uma grande precisão da aparafusadora, assim como a aplicação de materiais que tenham o mínimo de perdas de binário.

A aparafusadora aplicada foi uma Atlas Copco ETF MT80 com uma gama de binário entre 10 e 80 Ncm e velocidade até 1200rpm [3].

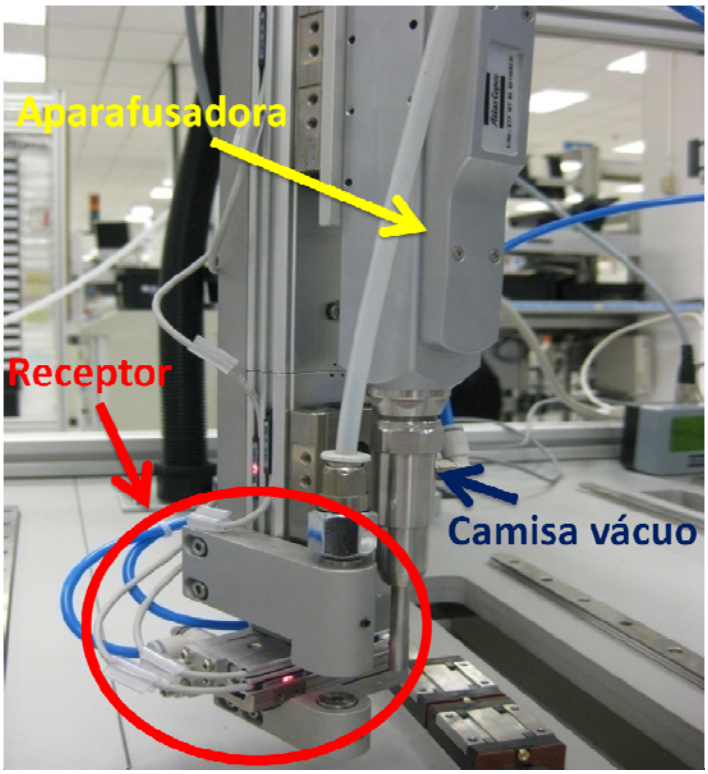

Fig. 10 – Aparafusadora Atlas, camisa de vácuo que suporta o parafuso e receptor de parafusos

Esta encontra-se na ponta do robô funcionando como uma ferramenta deste (Fig. 10).

Através dos seus sinais de I/Os, fornece o resultado do aparafusamento. Dependendo do que foi definido no seu controlador (cf. 3.4.1), indica que o aparafusamento atingiu o binário desejado ou não.

O controlador da aparafusadora não tem implementado o interface para a rede AS-i. Só fornece um conector com os sinais de controlo. Esse interface é feito conectando esses sinais a um módulo de I/Os AS-i (cf. Fig. 11). Assim estabelece-se o interface do controlador com a rede AS-i.

Fig. 11 – Módulo de I/Os AS-i que realiza o interface entre dispositivos comuns e a rede

Na ponta da aparafusadora encontra-se uma camisa de vácuo (Fig. 10). Nesta, um vacuostato provoca o efeito de vácuo e consequentemente suporta o parafuso, colocado anteriormente pelo seu receptor.

O receptor de parafusos é constituído por dois cilindros pneumáticos actuados por electroválvulas. Um que efectua movimentos na vertical e outro na horizontal.

O parafuso é soprado por um tubo até ao receptor. Este recebe-o num copo, um recipiente com uma saliência onde encaixa o parafuso. Assim que é pedido, o receptor coloca o parafuso na ponta da aparafusadora, processo que se efectua da seguinte ordem (cf. Fig. 12):

1. Desce o copo;
2. Desloca-se para a direita;
3. Sobe o copo até à ponta da camisa da aparafusadora;
4. Assim que é detectado, pelo vacuostato, que o parafuso está na camisa, desce o copo;
5. Desloca-se para a esquerda;
6. E sobe retomando a sua posição inicial.

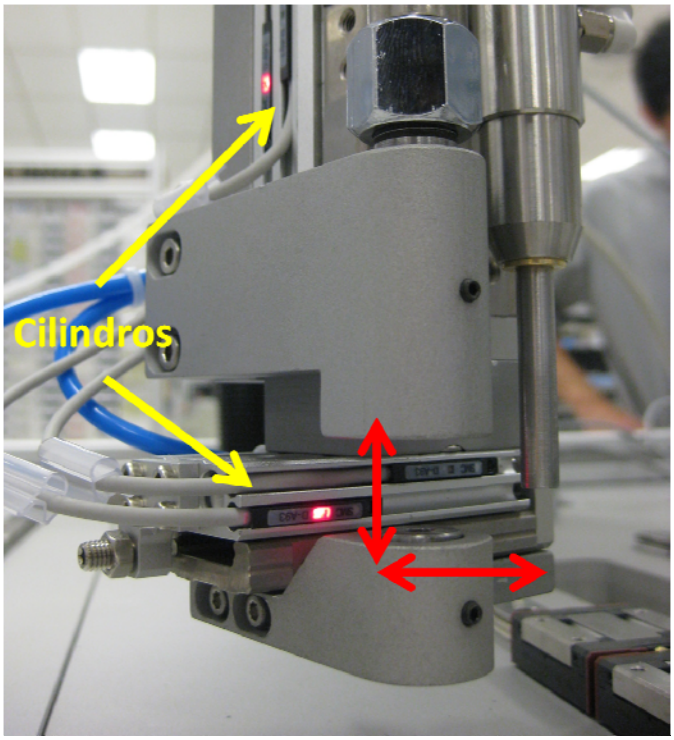

Fig. 12 – Indicação dos sentidos de deslocamento dos cilindros do receptor de parafusos

3.4.1 Parametrização da aparafusadora

A parametrização da aparafusadora consiste na definição de parâmetros de binário e ângulo (número de voltas dadas pelo parafuso) com que se quer aparafusar.

A parametrização da aparafusadora instalada baseia-se na realização de um primeiro aperto de assentamento até um binário específico e depois girar o parafuso um determinado ângulo.

Normalmente utilizam-se 3 passos (cf. Fig. 13):

1. Abrir a rosca: desde que é dado o início à aparafusadora até que o parafuso realmente entra na rosca do furo. Assim que isso é detectado passa ao seguinte passo;
2. A uma velocidade superior, define-se um limite até ao qual o parafuso pode rodar, ou seja, o limite da rosca e monitoriza-se o binário;
3. Aperto final: com uma velocidade mais baixa e controlo do binário roda-se alguns graus para dar o aperto final ao parafuso.

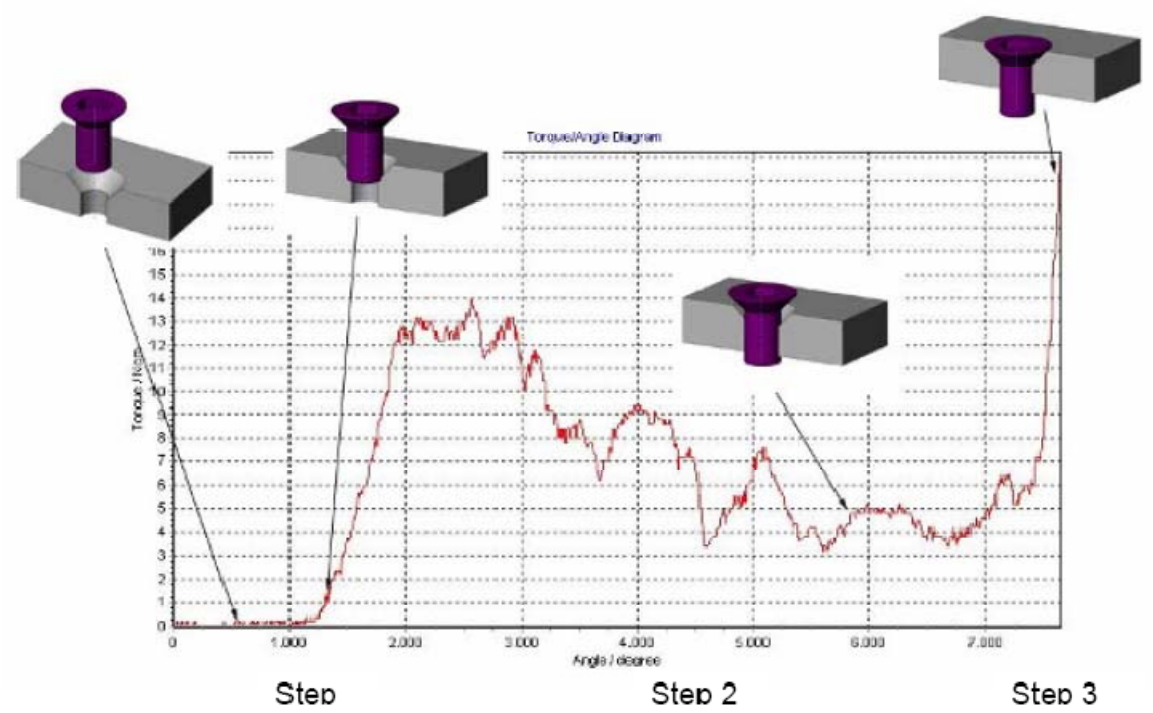

Fig. 13 - Gráfico de aparafusamento em três passos

A figura anterior (Fig. 13) é um exemplo de um gráfico binário/ângulo deste tipo de aparafusamento. O primeiro passo ocorre até atingir um binário de 1 Ncm. Nesse ponto, a aparafusadora passa ao segundo passo até atingir 5000 graus (aproximadamente 14 voltas). Nesse ponto passa ao terceiro e último passo para efectuar o aperto final.

3.5 Alimentador de parafusos

A alimentação dos parafusos é feita por um alimentador INTEC (Fig. 14). Este alimentador é constituído por uma concavidade onde estão armazenados os parafusos.

O seu funcionamento passa por ter sempre uma fila de parafusos num "rail," para depois serem separados um a um para uma posição onde vão ser soprados por um tubo que os leva até ao receptor de parafusos.

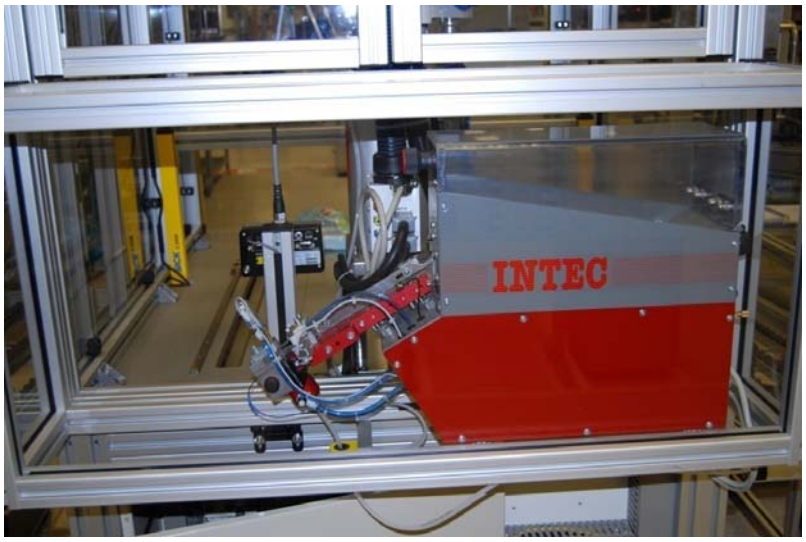

Fig. 14 - Alimentador Intec instalado

Este dispositivo fornece todos os sinais de entrada e saída (I/Os) num conector não tendo incorporado o interface para AS-i. Esse interface é feito conectando os sinais do alimentador a um módulo de I/Os AS-i. Deste modo estabelece-se o interface do alimentador com a rede AS-i (Fig. 11) como é feito com o controlador da aparafusadora.

3.6 Sistemas de segurança

Como indicado anteriormente, existem duas áreas a proteger. Os dispositivos usados para as proteger são as barreiras de segurança, a porta traseira da célula com um sensor e um botão de emergência.

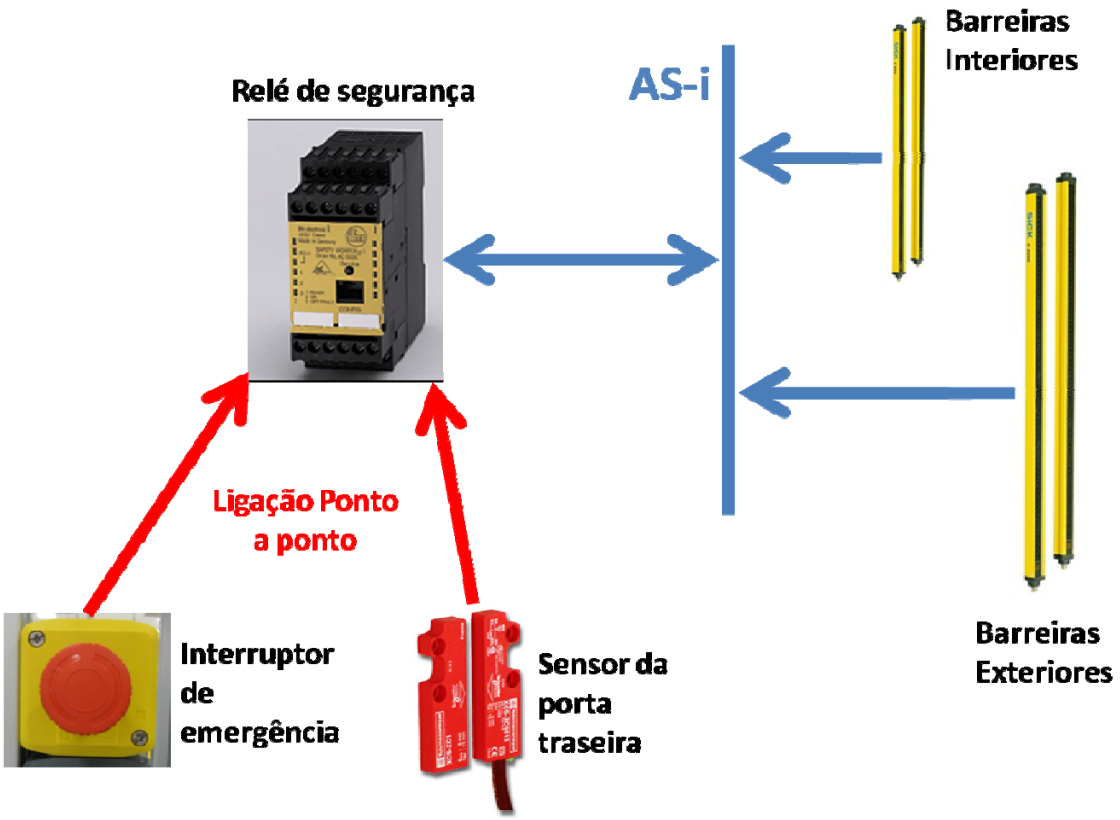

Fig. 15 - Os dispositivos de segurança estão todos ligados ao relé de segurança

Todos os dispositivos de segurança estão ligados a um relé de segurança (Fig. 15). Este tem duas saídas independentes. A primeira corta o ar comprimido fornecido aos cilindros que movimentam as bases e a segunda, actua os sistemas de emergência do robô e activa o corte geral do ar comprimido da célula.

O relé é programado através de um software do fabricante (Fig. 16), onde se pode definir a conjugação de entradas e estado que vão activar as saídas.

O que actua a primeira saída é a interrupção das barreiras exteriores. A segunda é activada se a porta traseira é aberta ou se o botão de emergência é interrompido ou por último, se as barreiras interiores são interrompidas.

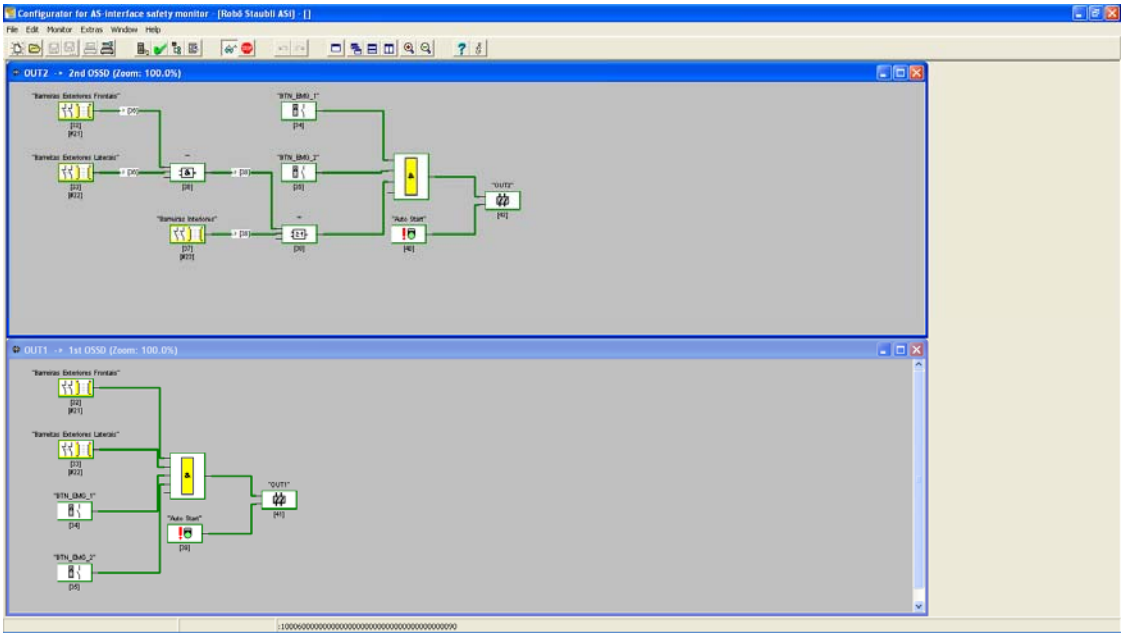
Configurator for AS-Interface safety monitor - [Robô Staubli AS1] - []
File Edit Monitor Extras Window Help
OUT2 -> 2nd OSSD (Zoom: 100.0%)
OUT1 -> 1st OSSD (Zoom: 100.0%)

Fig. 16 – Software de programação do relé de segurança fornecido pelo fabricante. Representação da conjugação dos sinais dos dispositivos que actuam as duas saídas.

A identificação das barreiras no software do relé é feita através do seu endereço na rede AS-i devido a estas estarem ligadas na rede.

3.6.1 Barreiras de segurança

As barreiras de segurança (Fig. 17), ou cortinas de luz, são sensores fotoeléctricos usados para proteger o acesso a áreas com movimento de máquinas ou objectos com possibilidade de causar danos, como é o caso de prensas e robôs. As barreiras de luz podem ser usadas como alternativas a barreiras mecânicas e outras formas tradicionais de protecção. São uma boa solução para o caso em que é necessário ter acesso a algum processo semi-automático.

Fig. 17 – Barreiras de segurança Sick

As barreiras são implementadas como um par, com um transmissor e um receptor. O transmissor projecta um conjunto de feixes de luz infravermelhos paralelos para o receptor, que consiste num conjunto de sensores fotoeléctricos. Quando um objecto interrompe um ou mais feixes, um sinal de alarme é enviado para o controlo [4].

As barreiras utilizadas são do tipo 2 (Fig. 18), ou seja, só têm um circuito de accionamento. Existem porém as de tipo 4, que utilizam dois circuitos paralelos para garantir redundância, ou seja, garantem que se um circuito falhar tem outro que pode accionar a emergência, todavia a escolha passou pelas de tipo 2, uma vez que, para além de serem mais económicas a área não é facilmente violavél. A distância entre sensores é de 30mm. Existem outras em que os sensores estão menos distanciados. Essa distância difere para o tamanho do objecto que se quer detectar.

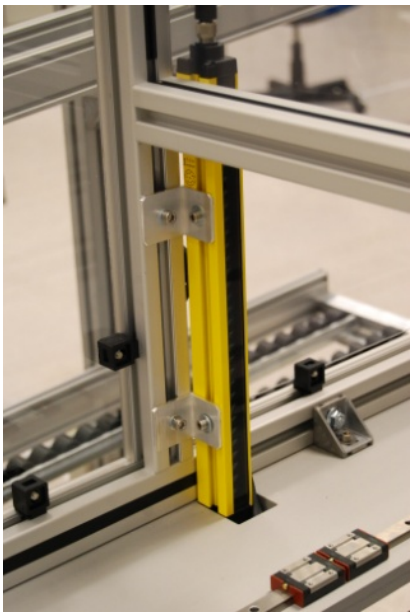

Fig. 18 – Barreira interior da célula

3.7 Computador e Rede AS-i

Devido ao requisito da rede AS-i em ter um master que controle os slaves, dispositivos ligados na rede, foi colocada uma placa de interface com a rede AS-i no computador, pois é a partir deste que a aplicação de software vai controlar todo o processo tendo o acesso aos sinais de todos os dispositivos.

Esta placa servirá de "master" da rede AS-i, pois realiza a leitura das entradas e escreve nas saídas dos slaves. A rede AS-i, na sua versão 2.0 permite até 31 slaves de 4 entradas e 4 saídas cada, fazendo a transferência de dados da rede em 5 milisegundos.

A rede AS-i é um sistema de rede aberto e padronizado através da EN 50295. Evita a ligação de cada sinal ao controlo principal ligando-os assim num só cabo de dados e energia [5].

3.7.1 Componentes da rede AS-i

Fonte AS-i

A fonte AS-i tem que estar presente na rede, sendo uma fonte especial com entrada de 115/230V CA seleccionáveis e saída de 30V CC. Não pode ser substituída por uma fonte normal, já que faz o desacoplamento dos dados transmitidos no único cabo da rede.

Cabos Perfilados

A rede AS-i inova na sua técnica de conexão (conexão vampiro), usando cabos perfilados na cor amarela (dados e energia para sensores e módulos) e preta (energia auxiliar em 24V CC). Esses cabos são perfilados (com 2 condutores de 1.5 mm² cada) para evitar a montagem errada, evitando inversão de polaridade.

Endereço

Cada slave da rede AS-i precisa de um endereço (1...31 nos slaves normais ou 1A...31A...1B...31B nos slaves A/B) que permite a sua identificação pelo master.

Módulos

Os módulos de I/Os existentes na rede servem de interface para os sensores e/ou actuadores convencionais com a rede AS-i.

Comprimento máximo da rede

A rede AS-i pode chegar a 100 m sem o uso de repetidores ou 500 m com o seu uso.

3.7.2 *Programa de monitorização e configuração da rede AS-i*

A rede AS-i é configurada através de um software fornecido pelo fabricante, AS-Interface Control Tools (Fig. 19). Neste software, depois de instalada a placa, monitoriza-se e controla-se a rede.

Como indicado anteriormente, cada módulo tem um endereço. Esse endereço pode ser configurado através deste software.

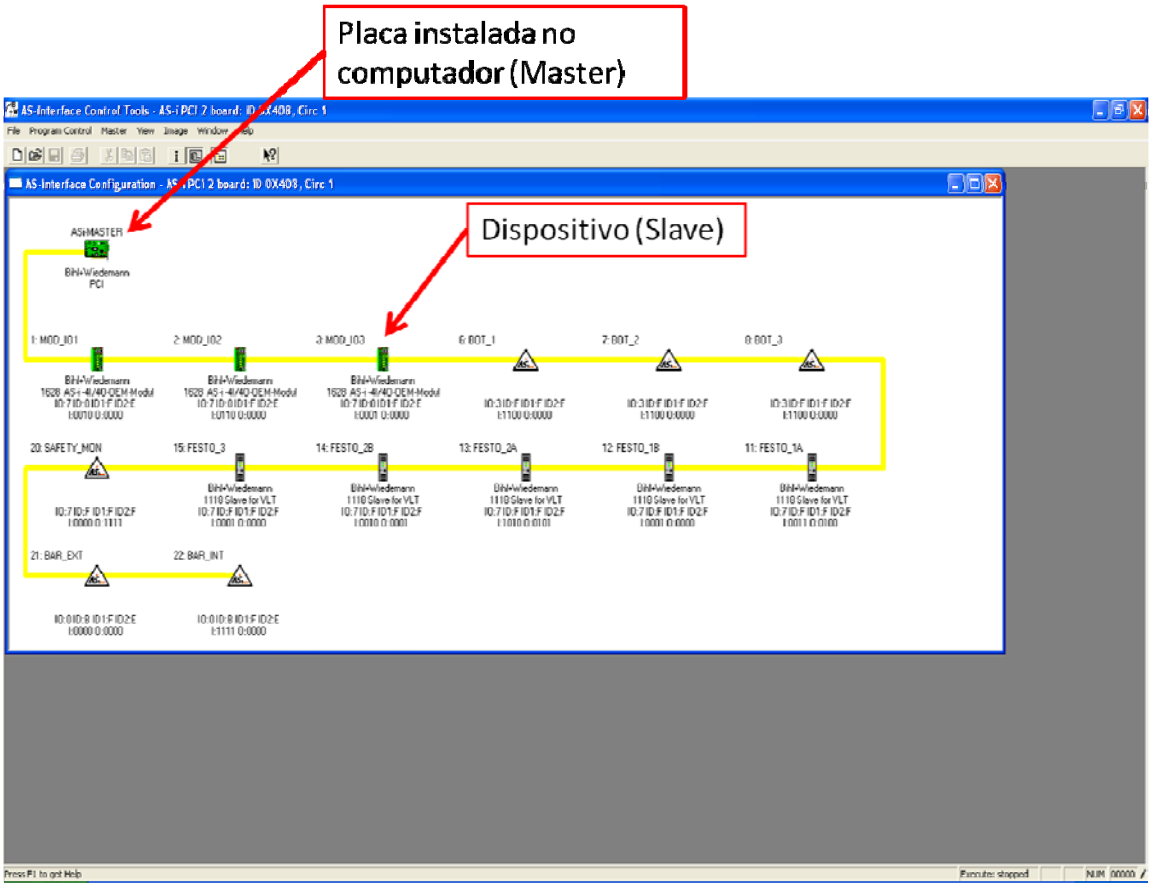

Fig. 19 – Software fornecido pelo fabricante da placa de interface com a rede AS-i. Pode-se ver o master sendo a placa e os dispositivos ligados em rede.

Capitulo 4

4 Software

Para o controlo de todo o processo de aparafusamento foi desenvolvido um software na plataforma Visual Basic (VB).

Este controla, no computador, todos os dispositivos que integram a célula através da rede AS-i e apresenta interfaces para o operador.

O funcionamento geral do software é caracterizado pelas coordenadas dos pontos a aparafusar na peça e pelo deslocar do robô para esses pontos com a aparafusadora.

De seguida explicar-se-á em detalhe o funcionamento do software.

4.1 Interfaces

O software implementado é formado por três interfaces:

- Inicial
- Processo Principal
- Gestão de programas

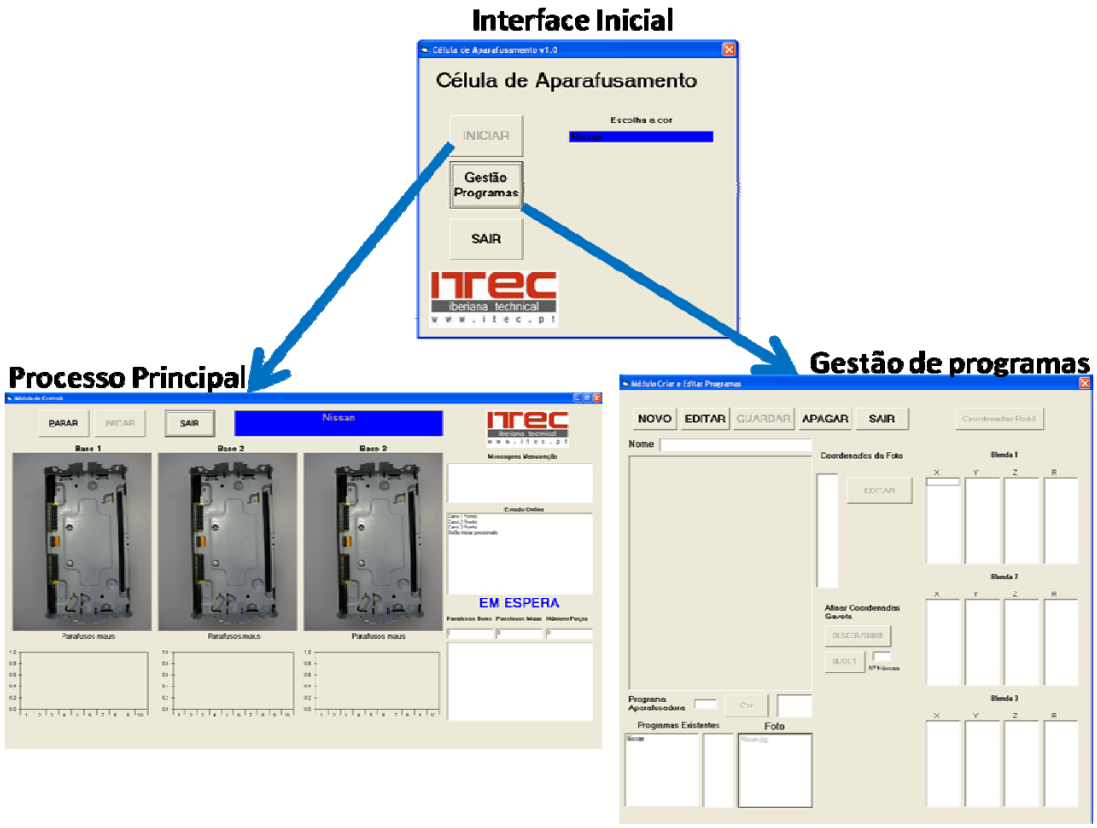

Fig. 20 – Ligação entre interfaces

A partir do interface inicial podem passar à gestão de programas onde se configuram os parâmetros dos mesmos, associados às peças a aparafusar ou ao processo principal onde se monitoriza todo o aparafusamento (Fig. 20).

Estes interfaces são os únicos que o operador pode aceder.

4.1.1 *Interface Inicial*

Ao carregar o software, o interface inicial é apresentado. Nestes surgem todos os programas já criados até ao momento, nomeadamente o seu nome com uma cor associada ao mesmo (Fig. 21).

Neste interface, o operador pode escolher entre iniciar a célula com um dos programas apresentados ou entrar no interface para gestão de programas.

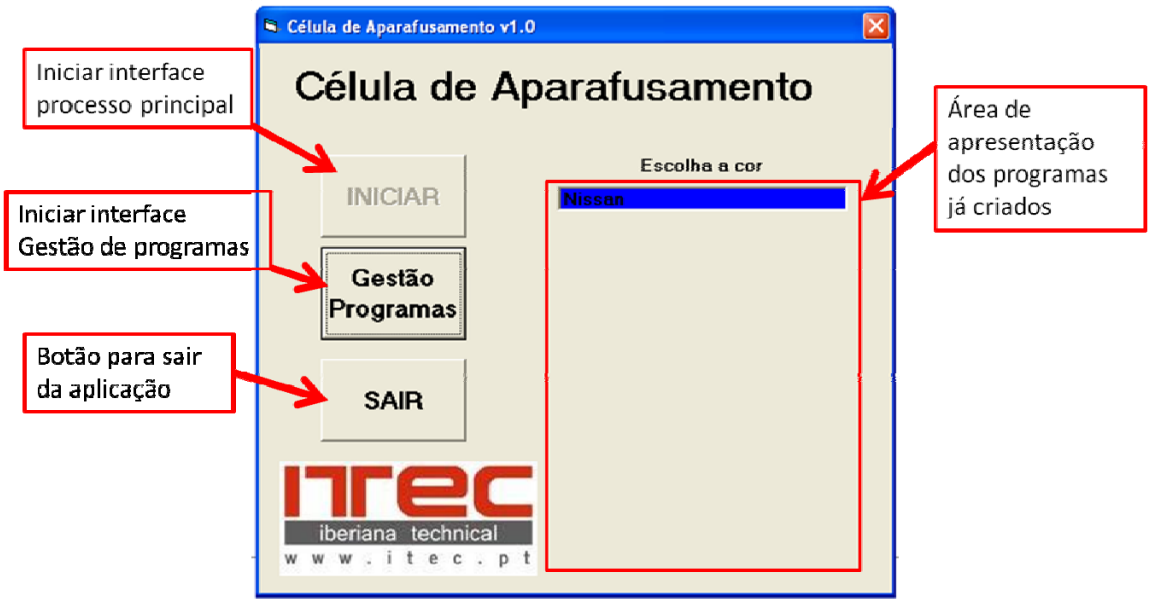

Fig. 21 – Interface inicial e seus campos

Para iniciar um programa, que está associado a uma peça, e passar ao processo principal, o operador terá que seleccionar o programa, carregando sobre ele na área de programas, e depois pressionar o botão “Iniciar”.

4.1.2 *Interface Processo principal*

Após um programa ser iniciado, exibe-se o interface do processo principal com os parâmetros a monitorizar do mesmo (Fig. 22).

Os dados apresentados para cada uma das três bases é o mesmo, uma vez que a cada programa só pode estar associado uma peça.

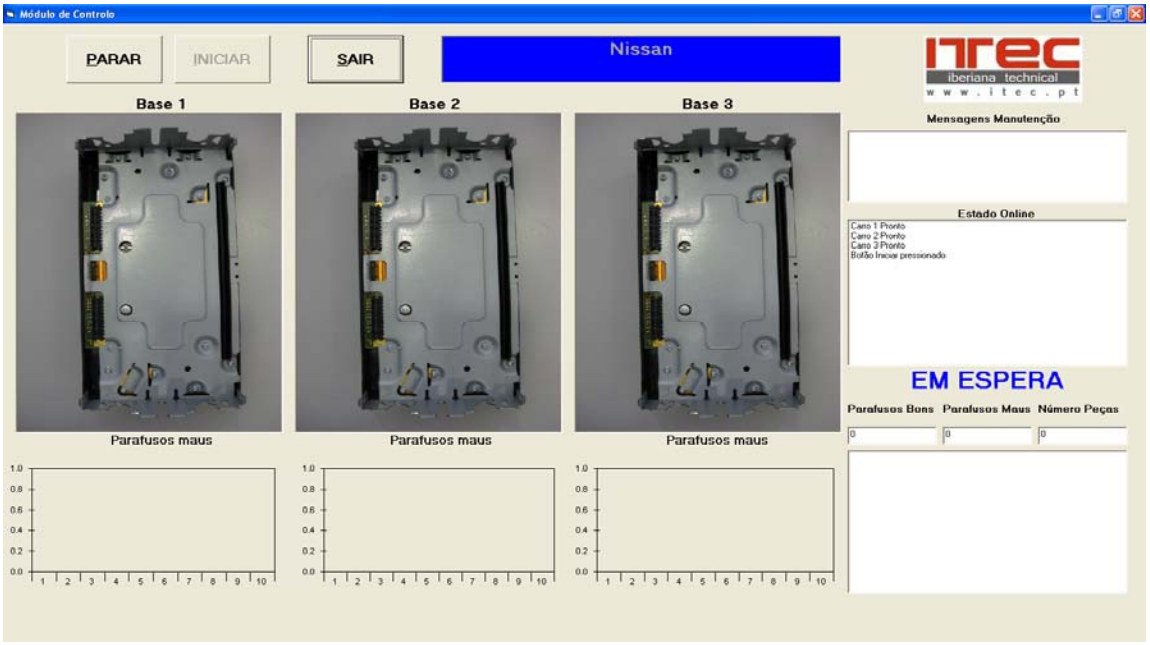

Fig. 22 – Interface do processo principal

Neste interface encontram-se vários campos que informam o operador do estado da célula (Fig. 23):

- Fotografia da disposição da peça na respectiva base;
- Pontos numerados na fotografia de cada base a indicarem os sítios onde vai aparafusar. E dependendo do estado apresentam uma cor:
  - Amarelo: por aparafusar
  - Verde: aparafusamento correcto

- Vermelho: aparafusamento incorrecto

- Três gráficos, um para cada base, com o registo do número de aparafusamentos “maus” em cada ponto da peça;
- Uma figura para indicar no final do aparafusamento se este foi “mau” ou “bom”;
- Nome e cor do programa em funcionamento;
- Botões para sair do programa, parar o processo ou iniciar;
- Mensagens de manutenção preventiva periódica;
- Mensagens de erro e estado dos sensores;
- Dados estatísticos do aparafusamento total da célula.

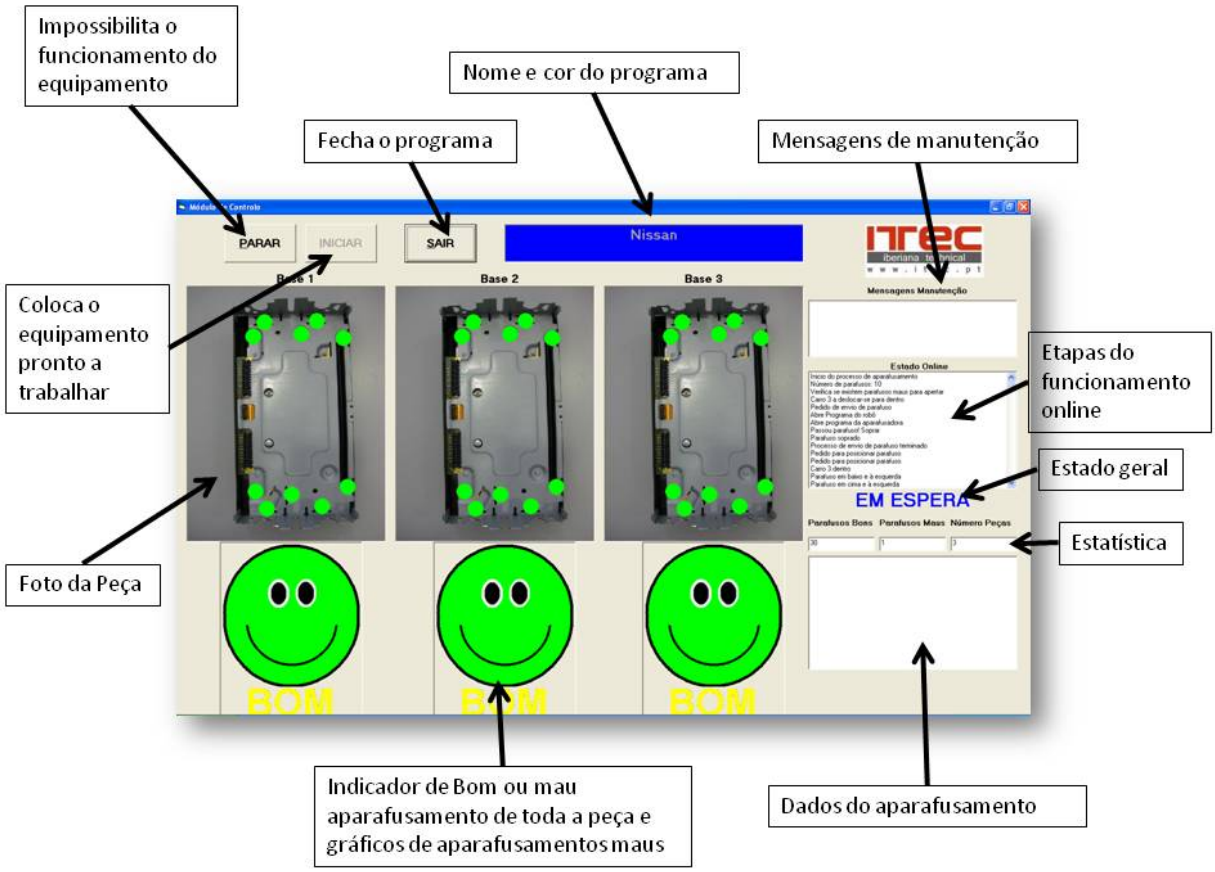

Fig. 23 – Indicação dos vários campos do interface do processo principal

4.1.3 *Interface Gestão de programas*

Neste interface, o operador poderá gerir programas, ou seja, criar, apagar e editar (Fig. 24).

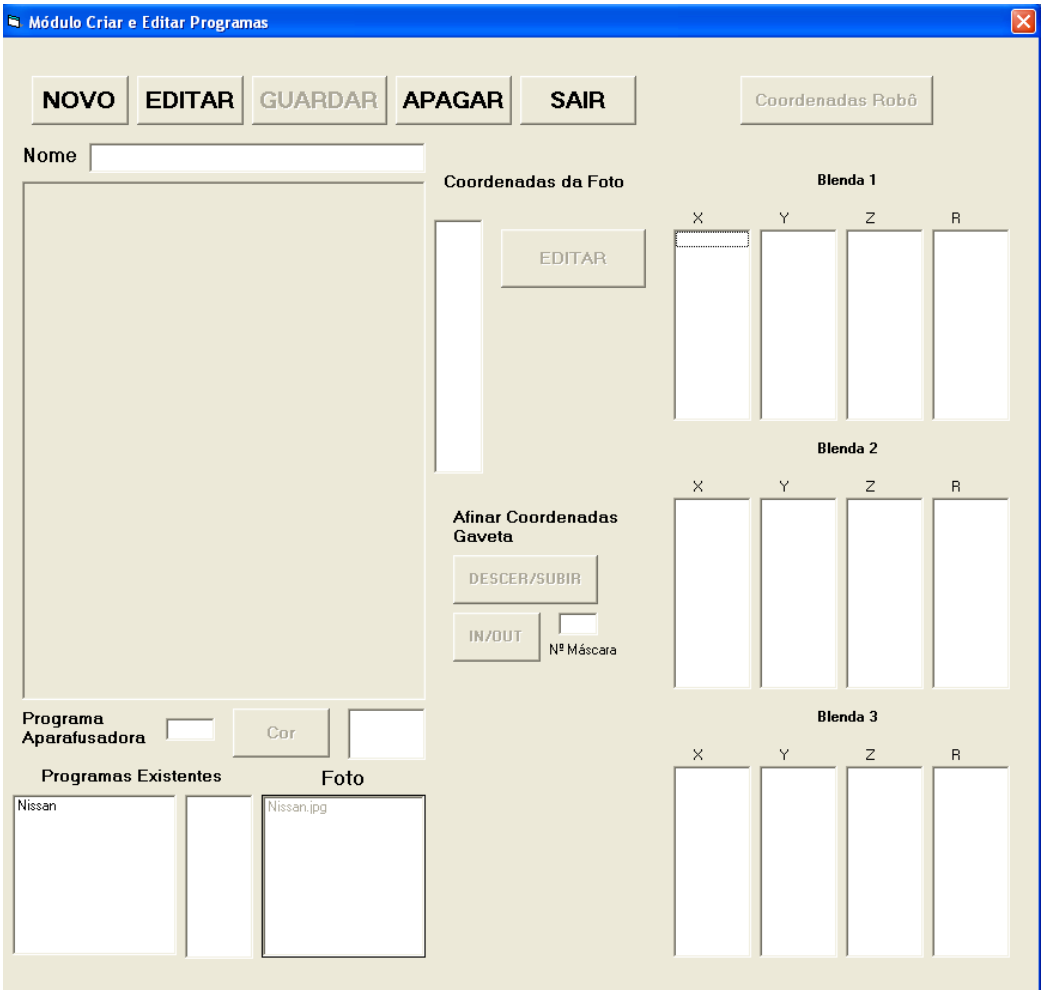

Fig. 24 – Interface da gestão de programas

Um programa de aparafusamento para uma peça é constituído pelos seguintes campos:

- Nome do programa;
- Cor associada;
- Fotografia da disposição da peça na base;

- Coordenadas, na fotografia, dos pontos a aparafusar;
- Programa de aparafusamento associado (criado no controlador da aparafusadora);
- Coordenadas dos pontos de aparafusamento provenientes do robô.

As coordenadas do robô são criadas na consola do mesmo sendo depois transferidas para o computador por este interface (Fig. 24), para serem guardadas juntamente com os restantes campos.

Todos os dados de um programa são guardados num ficheiro por este interface. Ao iniciar um programa, o controlo principal (cf 4.2.1), lê o ficheiro correspondente para carregar os dados do programa.

4.2 Desenho da aplicação

Esta aplicação, desenhada em VB, está dividida em vários módulos. Estes possuem pequenos interfaces que não estão visíveis ao operador nem lhe podem aceder. Existe um módulo de controlo principal, que através de pedidos enviados aos módulos, controla todo o processo (Fig. 25).

A divisão em módulos foi feita com o objectivo de controlar cada dispositivo independentemente. Deste modo, cada um deles controla:

- As bases, o bloqueio das máscaras, os botões e monitoriza as barreiras;
- O receptor que fornece os parafusos à aparafusadora;
- O robô;
- O alimentador de parafusos;
- O controlador da aparafusadora.
- A comunicação com a rede AS-i

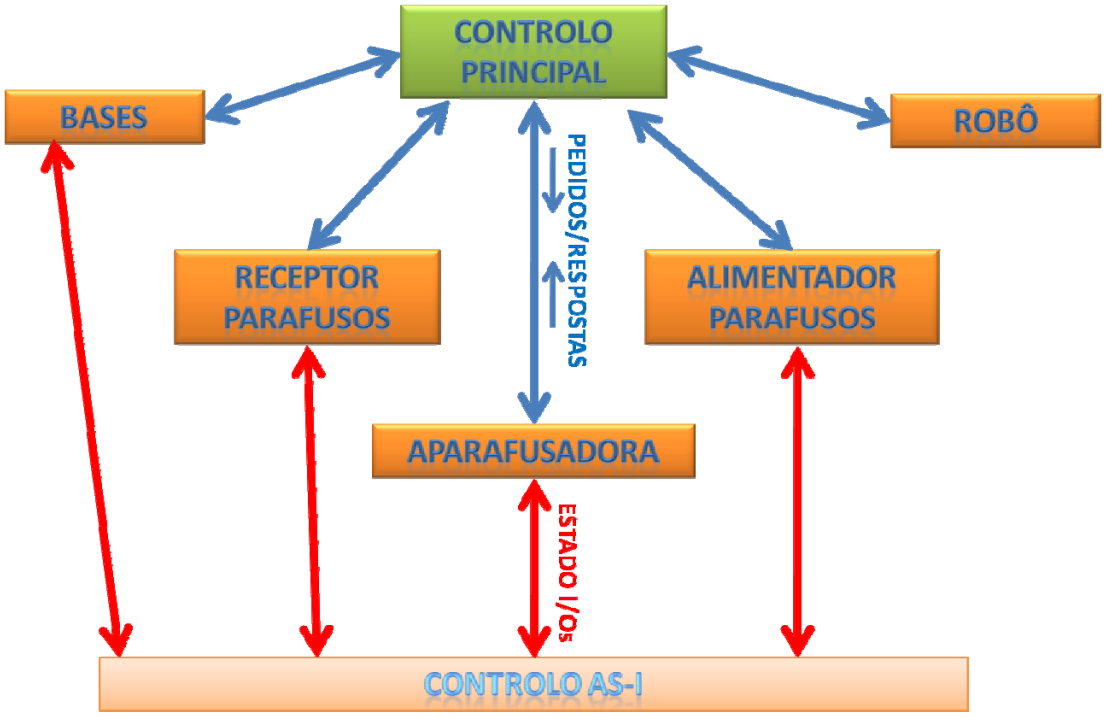

Fig. 25 - Diagrama da transmissão de dados e hierarquia entre módulos de software

Cada um dos módulos possui um campo de entrada e saída de comandos. Estes são recebidos num campo próprio de entrada e indicam pedidos do controlo principal. O módulo responde, através do campo de saída, se executou com sucesso ou não o pedido. Cada módulo actua e monitoriza os sinais dos respectivos dispositivos que controlam.

A interligação desses sinais físicos é feita pelo módulo Controlo AS-i já que é este que estabelece essa comunicação como veremos mais à frente.

De seguida explica-se o funcionamento de cada um dos módulos em particular, assim como o de controlo principal.

4.2.1 *Módulo Controlo principal*

O software implementado tem um módulo principal que controla os restantes módulos.

O controlo principal é o responsável por apresentar o interface principal (Fig. 26). O controlo, carrega no interface a fotografia do produto, o nome e a cor do programa e internamente todos os parâmetros inerentes ao programa em execução.

Fig. 26 - Interface do processo principal que é exibido por este módulo

A partir desse momento, a aplicação está à espera da ordem de início do processo de aparafusamento. Para isso, envia repetida e sucessivamente comandos ao módulo das bases para este lhe comunicar se está alguma peça em alguma base.

Para dar essa indicação, o operador tem que colocar a peça numa das bases e fechar a sua máscara, a qual será logo bloqueada. A luz verde do botão que está associado à base ficará acesa o que indica que a respectiva peça está pronta para entrar e ser aparafusada (Fig. 27).

Se nenhuma peça estiver a ser aparafusada, o controlo principal ordena ao módulo das bases para que desloque a base até à área de trabalho. Quando isso acontece, é indicado ao controlo principal e este desencadeia os restantes comandos para iniciar assim o processo de aparafusamento.

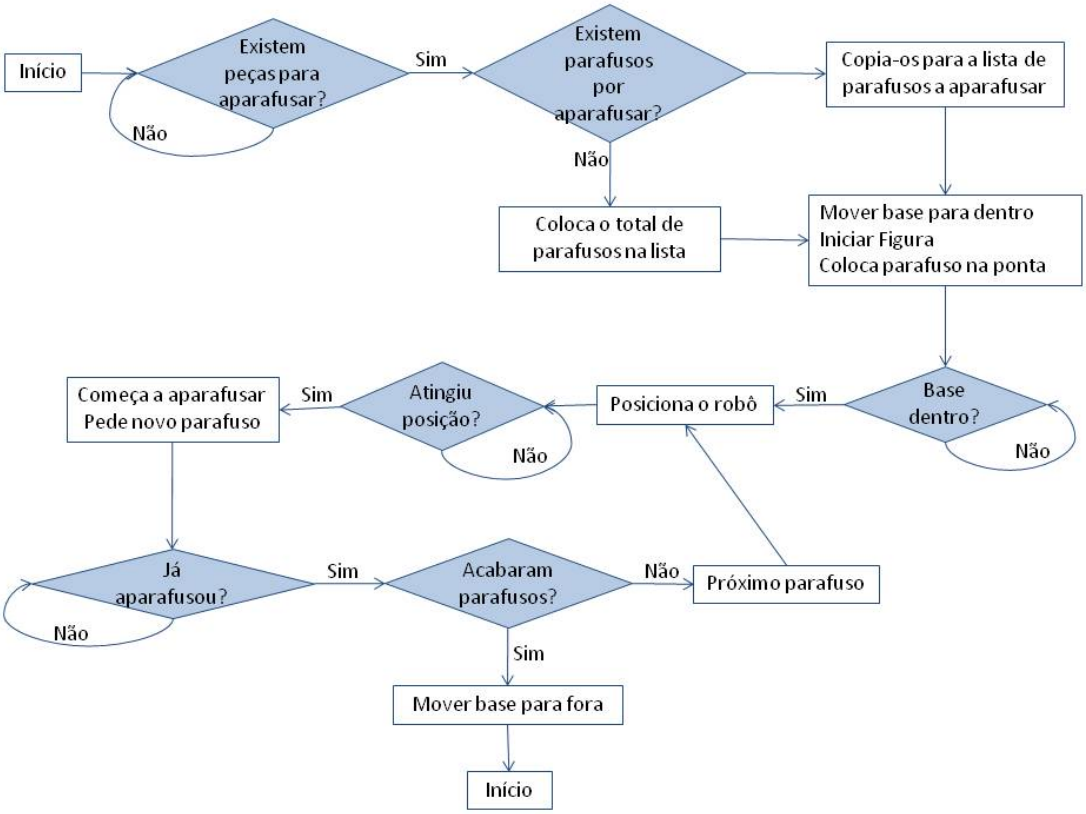

Fig. 27 – Fluxograma do fluxo de execução do processo principal

Quando a base está já na área de trabalho, o robô movimentar-se-á para o primeiro ponto de aparafusamento. Já com um parafuso colocado na ponta da aparafusadora, desce a aparafusadora e inicia o processo de aparafusamento.

- Se o aparafusamento for “bom”, desloca-se para o próximo ponto;
- Caso contrário, desloca-se a um dos recipientes de refugo e larga o parafuso movimentando-se de seguida para o seguinte ponto de aparafusamento.

Terminados todos os pontos, retira a base da área de trabalho para a área do operador.

Se o produto tiver todos os pontos aparafusados com sucesso uma imagem com BOM (Fig. 28) aparecerá. Além dessa imagem, todos os pontos de aparafusamento estarão a verde. A máscara continuará bloqueada para que o operador verifique se realmente tudo está conforme. Depois desta verificação, o operador terá que carregar no botão vermelho para desbloquear a máscara e retirar a peça.

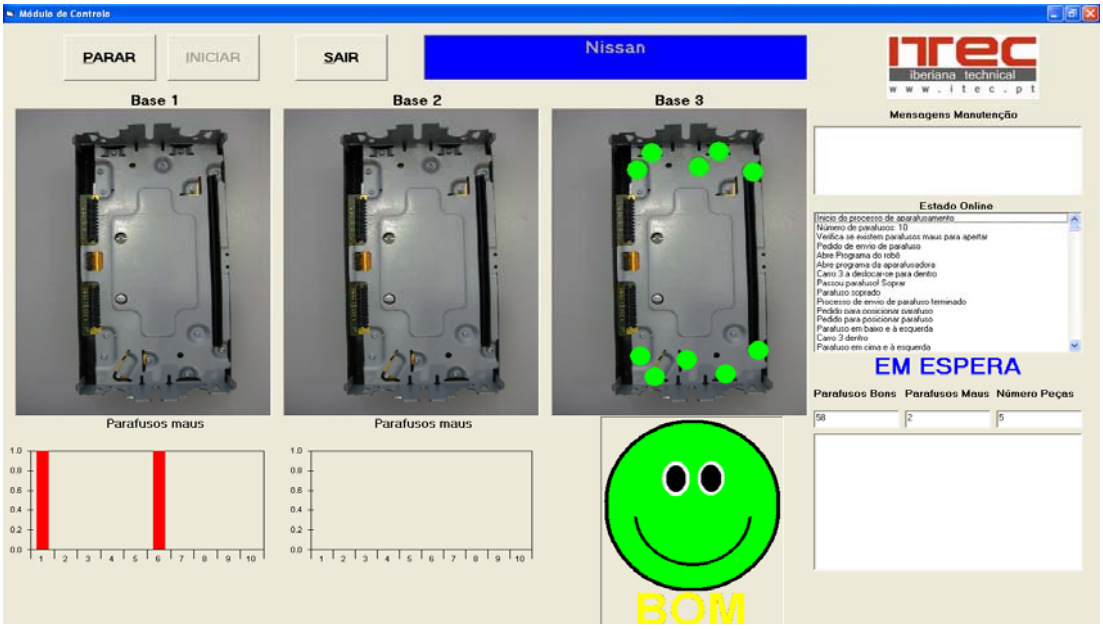

Fig. 28 – Na base 3 pode-se ver que o aparafusamento foi concluído com sucesso

Se a peça tiver sido mal aparafusada, uma imagem com MAU aparecerá e os pontos maus aparecerão a vermelho. O botão vermelho ficará intermitente e então o operador terá duas hipóteses:

- Repetir o aparafusamento nos pontos mal aparafusados, carregando no botão verde;
- Ou retirar a peça para reparação, carregando no vermelho.

O resultado de um aparafusamento é indicado pela aparafusadora através dos seus I/Os. Se um aparafusamento não cumpre os valores de binário e ângulo definidos no controlador da aparafusadora esta indica ao software (cf. 3.4).

Findo este processo, a aplicação volta ao estado inicial, ou seja fica a aguardar a recepção de novas peças.

4.2.2 *Módulo do Controlo AS-i*

O controlo AS-i é um módulo que estabelece a comunicação com a rede AS-i.

O controlo AS-i controla os sinais dos dispositivos (Fig. 29). Assim, sempre que algum módulo quer actuar nalgum dispositivo, envia um pedido para uma lista própria para o efeito neste módulo. O módulo controlo AS-i executa os pedidos um a um para diminuir a probabilidade de se aceder a um dispositivo ao mesmo tempo, o que resultaria num erro. As entradas são monitorizadas efectuando, sucessivamente uma leitura desses sinais, e à medida que vão sendo alterados, são actualizados nos módulos que os utilizam.

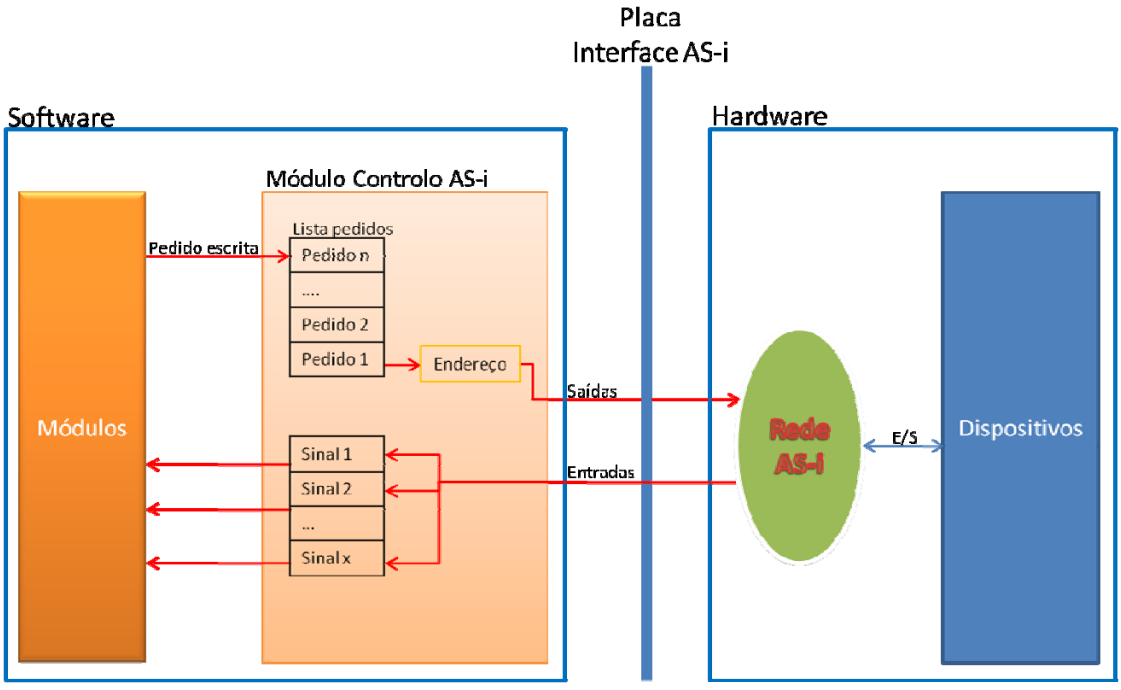

Fig. 29 – Interligação entre o software e o hardware feito através do módulo de software Controlo AS-i

A interligação física com a rede AS-i é feita através da placa de interface instalada no computador. A comunicação do software com a placa é feita através de duas “dlls”. Estas são a “asipci.dll” que é especifica para a comunicação AS-i e a “asidrv32.dll que invoca a anterior indicando qual o endereço onde se encontra e tipo de comunicação que efectua.

As “dlls” fornecem funções para a comunicação com a rede. Desta forma, para iniciar a comunicação como indicam as instruções do fornecedor, começa-se por invocar a “AASiRegisterMaster()” para obter a identificação do “master” e de seguida chama-se a função “AASiInit()” para inicializar o driver. Com estes passos podemos comunicar com a rede escrevendo ou lendo nos endereços desejados através das funções “ASiWriteODI()” e “AASiReadIDI()”.

Quando se pretende finalizar a aplicação deve-se encerrar a comunicação, para isso invoca-se duas funções: a “AASiExit()” e a “AASiUnRegisterMAster()”.

4.2.3 *Módulo das Bases*

Este módulo controla e monitoriza os cilindros pneumáticos que deslocam as bases, o bloqueio das suas máscaras, os botões e as duas barreiras de segurança.

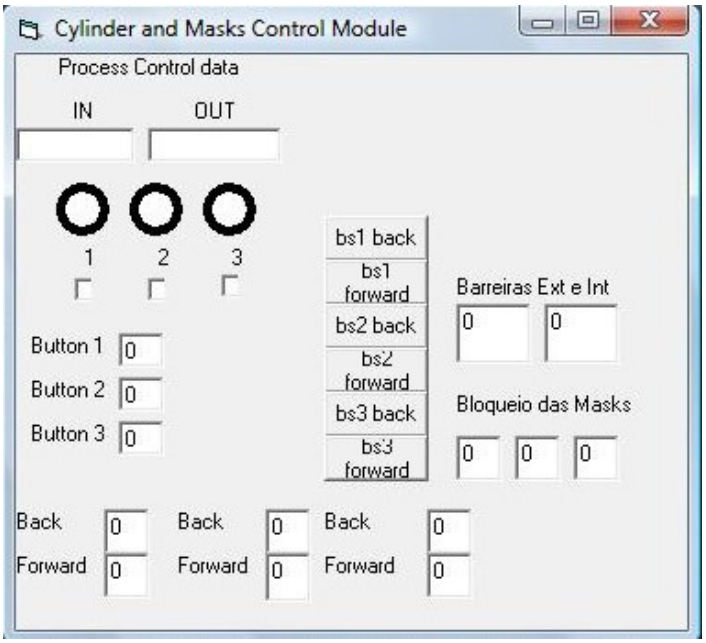

Fig. 30 – Interface do módulo das bases

Relativamente aos comandos, o módulo responde aos seguintes:

- Se uma certa base tem uma peça pronta a aparafusar;
- Deslocar uma das bases para a área de trabalho;
- Recuo de uma base da área de trabalho para a área do operador;
- E o desbloqueio da máscara de determinada base.

Além destes pedidos, indica num campo o estado das barreiras de emergência impedindo o movimento das bases quando activas e retomando os seus movimentos quando desactivas.

Assim, quando recebe o comando de deslocamento de alguma base, activa as electroválvulas, estas controlam os cilindros pneumáticos.

O processo de deslocamento termina aquando o fim do deslocamento, detectado através de sensores.

Este módulo tem a informação dos seus sensores, dada pelo módulo controlo AS-i (4.2.2) e está consecutivamente a verificar se alguma máscara é fechada para poder indicar ao controlo principal que isso se verificou.

4.2.4 *Módulo do Receptor de parafusos*

Este módulo controla e monitoriza os sensores e cilindros da gaveta que fornece parafusos à ponta da aparafusadora e, consequentemente activa vacuostato.

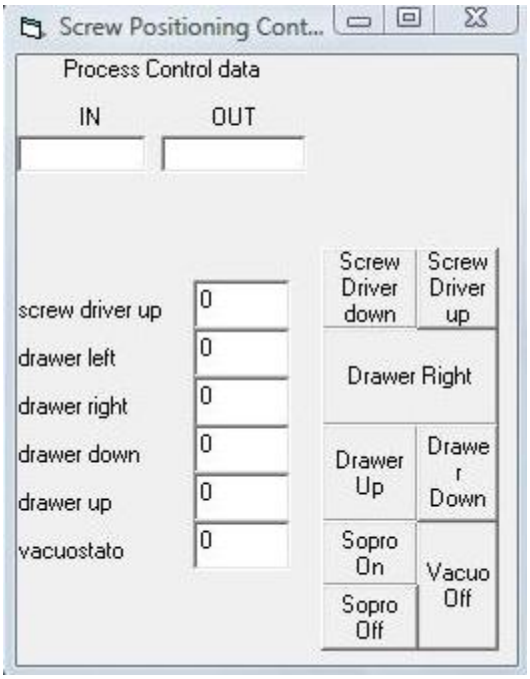

Fig. 31 – Interface do módulo do receptor de parafusos

O módulo receptor de parafusos só responde a um comando de fornecimento de parafuso. Quando tal acontece, depois de ter recebido o parafuso enviado pelo alimentador de parafusos (ver 4.2.6), move o copo do parafuso para a camisa de vácuo na ponta da aparafusadora. O vácuo é ligado para sugar o parafuso e, depois de indicado pelo vacuostato que o parafuso está na camisa, os cilindros levam o copo para o seu estado inicial.

4.2.5 Módulo do Robô

O robô utilizado tem uma serie de comandos que podem ser enviados por porta serie, para o controlar. A porta foi configurada com um baudrate de 9600, sem paridade, 8 bits de dados e 1 stop bit.

No protocolo de comunicação da Janome, os dados são transmitidos em ASCII Hexadecimal. O caracter "$" é o primeiro a ser transmitido, e funciona como caracter de início de comando. O caracter de "Carriage Return" (CR) funciona como caracter de fim de comando. O resto do comando difere com o desejado (Tabela 2) [6].

Tabela 2 - Comandos para comunicação com o Robô

Nome	Comando	Descrição
Programas existentes	S70000	Indica os programas existentes no robô
Número de pontos	S0 + 4 caracteres (nº do programa)	Os últimos 4 bits indicam o programa ao qual se querem saber o número de pontos
Mover	M1 + 16 caracteres (coordenadas x,y, z e r)	Indica as coordenadas e executa um "Point to point". O Robô vai se deslocar para a posição indicada.
Ligar motores	R00000	Habilita os motores para o robô estar pronto a mover-se.
Apagar programa	S9 + 4 caracteres (número programa)	

Criar programa	S8 + 4 caracteres (número programa)	
Adicionar ponto	SB + 4 caracteres (número programa) + 95 caracteres (informação ponto)	adiciona informação de um ponto ao fim do programa

Os comandos ao qual o módulo responde são:

- Ligar os motores;
- Mover para uma determinada posição;
- Se atingiu ou não a posição;
- Abrir programa do robô;
- Mover para um dos copos de refugo.

4.2.6 *Módulo do Alimentador de parafusos*

O dispositivo que este módulo controla é o alimentador da INTEC.

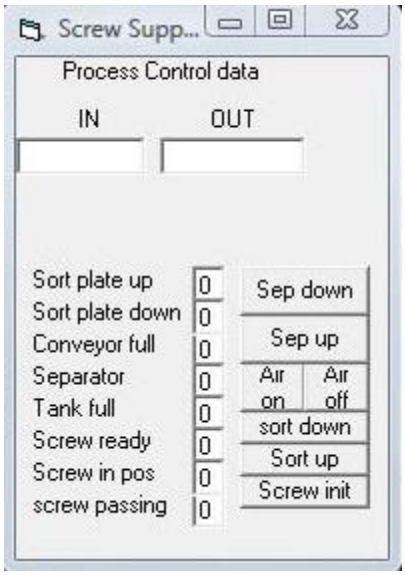

Fig. 32 – Interface do módulo do alimentador

Este módulo executa o comando de envio de parafuso. Para tal, controla os cilindros e sensores do alimentador de modo a ter sempre um parafuso pronto a enviar para a aparafusadora. Também verifica o nível dos parafusos no reservatório para indicar o seu recarregamento.

Se estiver pronto a enviar, fá-lo deslizar para o tubo e sopra um certo tempo, o suficiente para o fazer chegar ao copo dos parafusos.

4.2.7 *Módulo da Aparafusadora*

O controlador da aparafusadora é comandado por este módulo.

Fig. 33 – Interface do módulo da aparafusadora

O módulo aceita dois comandos:

- Selecção do programa do controlador da aparafusadora;
- Realização de um aparafusamento.

O primeiro é feito codificando o número do programa, em decimal, para binário já que a selecção do programa é feita dessa maneira com 4 bits. O aparafusamento, segundo comando, é feito dando o sinal de início ao controlador da aparafusadora e esperando pelo sinal de "bom" ou "mau" emitido por este. No final, o resultado é indicado ao processo principal.

Capítulo 5

5 Resultados

Deste trabalho resultou uma célula de aparafusamento automática para uma empresa do ramo automóvel, mais precisamente para produção de auto-rádios.

Uma vez que se tratava de um sistema novo a ser implementado e para que a própria empresa possa realizar a manutenção do equipamento, foi realizada formação durante três dias a todos os técnicos da manutenção. Para além disso foi feito um manual de operação e manutenção que foi entregue juntamente com o aparelho.

Destes técnicos foi recebido um feedback positivo sobre o sistema AS-i. Realçam o facto de poderem analisar e controlar muito rapidamente, através do software da rede (cf. 3.7.2), todos os dispositivos da célula e que com isso conseguem diminuir os tempos de paragem na linha em caso de alguma falha.

Alguns problemas de nível mecânico surgiram e são apresentados de seguida, assim como os resultados dos testes de aparafusamento e para aferição da capacidade da célula na produção de peças.

5.1 Sistemas mecânicos

Ao longo da produção foram detectados alguns problemas de carácter mecânico. Mais precisamente oscilação do braço do robô, desajuste do receptor de parafusos e falha na alimentação dos parafusos.

5.1.1 Estrutura na ponta do robô

Um dos problemas teve origem na longa estrutura instalada na ponta do robô para suportar a aparafusadora e o receptor de parafusos. Esta estrutura provocava alguma oscilação, que é crítica pois, o posicionamento do parafuso tem que ser feito com uma precisão de milímetros, para este ser preciso no sítio onde vai apertar.

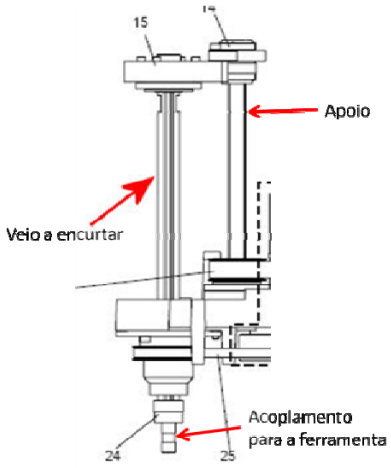

Fig. 34 – Constituição interna do suporte do eixo do robô

A solução tomada foi encurtar o veio, dado que os seus apoios de fixação estavam na parte inferior da cabeça do robô (cf. Fig. 34). Esta solução mostrou-se eficaz dotando o braço de mais apoio e menos oscilação.

5.1.2 Ajuste do receptor de parafusos

O ajuste mecânico do receptor de alimentação de parafusos mostrou-se também muito importante ao longo da produção. Só com o receptor de alimentação bem alinhado com o tubo de transporte e com a camisa de vácuo da aparafusadora é que a sucção do parafuso é realizada com sucesso. Para isso foram adoptadas manutenções semanais de verificação deste ponto a realizar pela manutenção.

5.1.3 Alimentação de parafusos

Outro problema encontrado durante a produção foi a alimentação de parafusos realizada pelo alimentador existente para o efeito, devido a uma irregularidade no deslizamento dos parafusos no rail e ao tamanho e forma do parafuso.

O parafuso tem um comprimento de 8mm e uma cabeça de 4mm. Por este facto, certas vezes ficava preso no cilindro que efectua a separação para o tubo de alimentação. Este erro levava à interrupção do aparafusamento actual e consequentemente à perda de tempo de ciclo. Visto ser um problema comum e já conhecido no cliente, minimizou-se este erro introduzindo, através do software, mecanismos de recuperação. Deste modo, sempre que existe uma falha destes mecanismos, devido à prisão do parafuso, é apresentada uma mensagem alusiva ao erro (cf. Fig. 35).

Fig. 35 – Mensagem apresentada quando o alimentador não conseguia fornecer o parafuso pedido. Depois de eliminado o erro, pressionar o botão adjacente para voltar ao normal funcionamento

Depois de ser corrigido o erro, retirando o parafuso preso no alimentador, confirma-se o aviso e o aparafusamento actual pode voltar a ser retomado já que o alimentador recupera o erro.

5.2 Aparafusamento

O controlador da aparafusadora foi definido, por requisito do cliente, para realizar os aparafusamentos com um binário de 23 Ncm. Através de um software próprio do fabricante da aparafusadora obteve-se o gráfico de um aparafusamento para verificar esses valores (cf. Fig. 36).

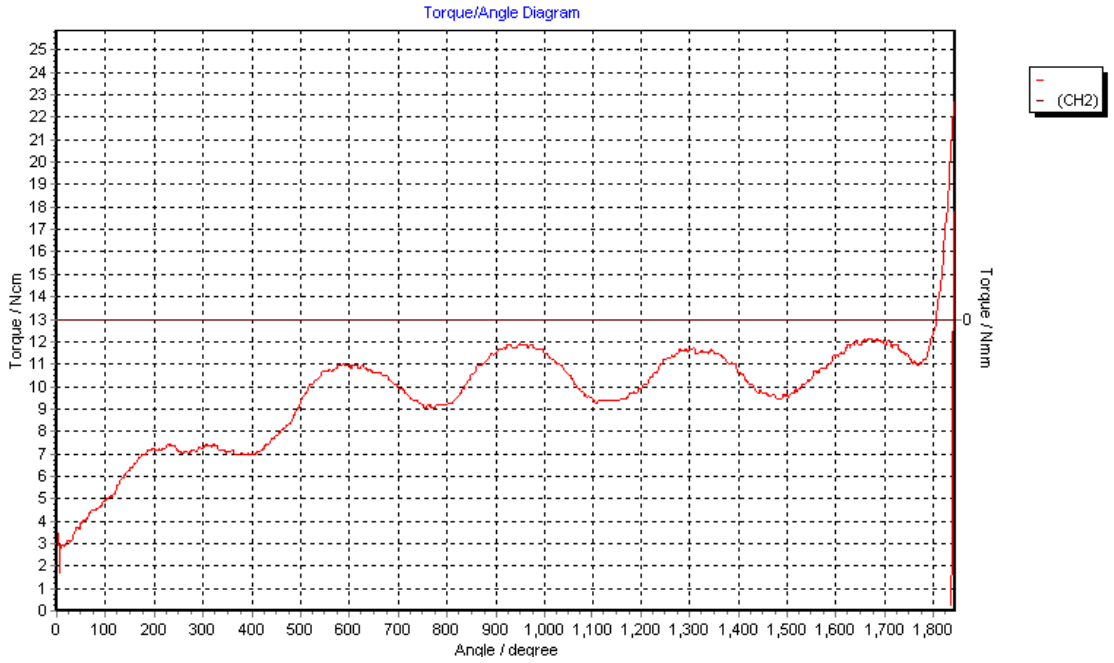

Fig. 36 – Gráfico binário/ângulo de um aparafusamento obtido através do software do fabricante da aparafusadora

Como se pode ver no gráfico (cf. Fig. 36), o binário final é de cerca 23 Ncm passados cerca de 1800 Graus de rotação do parafuso.

Estes valores são verificados periodicamente pela manutenção da empresa para se certificar que os mesmos correspondem aos estabelecidos.

5.3 Teste de capabilidade

O teste realizado teve a duração de um turno de 8 horas de trabalho e serviu para aferir a capacidade de resposta da célula e averiguação da sua taxa de erros. Para a realização do teste foi utilizada uma peça com 10 pontos para aparafusar. De seguida apresentam-se os dados obtidos.

5.3.1 Resultados do teste

Número de peças produzidas: 238

Tempo ciclo médio: 49s

Parafusos apertados com sucesso: 2380

Parafusos não apertados: 12

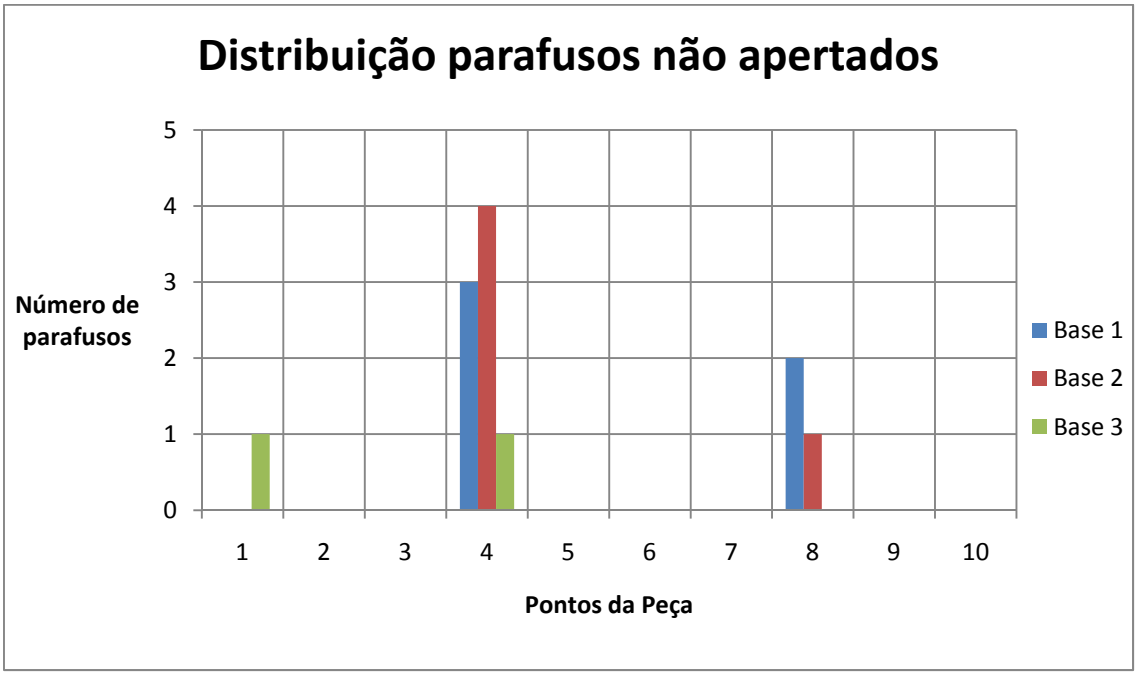

Fig. 37 – Gráfico da distribuição do número de parafusos não apertados em cada ponto de cada base

5.3.2 Conclusões

Com estes resultados é possível avaliar a capacidade de resposta da célula. Deste modo, pode-se afirmar que, sem interrupções, a célula é capaz de produzir, uma quantidade máxima de 587 peças por turno de trabalho.

Conclui-se ainda que o erro introduzido pelos parafusos mal apertados é de 0.5%. Este erro é mais incisivo nos pontos 4 e 8 de cada base tendo estes, o maior número de erros, como se pode ver no gráfico da Fig. 37. O insucesso nesses pontos advém de serem pontos críticos devido à sua proximidade com um relevo da peça que sobressai da base (cf. Fig. 38).

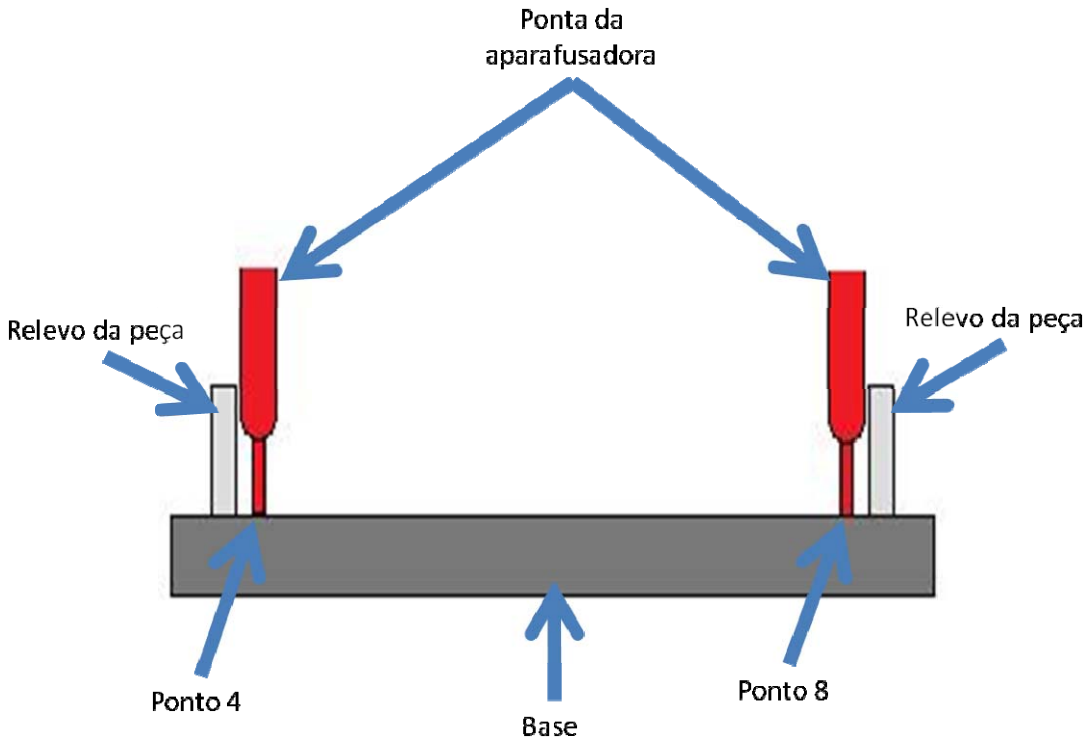

Fig. 38 – Vista de corte lateral da base com a peça a aparafusar

Como se pode ver na Fig. 38, os pontos de aparafusamento 4 e 8 estão muito próximos de dois relevos, das extremidades da peça, que sobressaem da superfície da base. A ponta da aparafusadora quando desce até ao ponto de aparafusamento, devido às tolerâncias das dimensões das peças e das bases, pode bater no relevo da mesma provocando deste modo um aparafusamento sem sucesso. Para minimizar este erro, o cliente, procurou reduzir as tolerâncias das bases bem como das peças a produzir.

Capítulo 6

6 Conclusões e perspectivas futuras

Deste trabalho resultou uma das primeiras células de aparafusamento automático com robôs Scara e rede AS-i na empresa.

A rede apresenta aspectos operacionais com capacidade de dar resposta de forma adequada aos requisitos das linhas de montagem de qualquer empresa. Também se denota a sua capacidade de ser adaptada a outras aplicações, o que permite uma reutilização de equipamentos e por consequência um poupar de recursos económicos. Este aspecto mostra-se importantíssimo no actual panorama económico mundial.

A aceitação foi progressiva, por isso já estão a ser implementadas mais células do mesmo tipo e aplicações com a rede AS-i. Outro aspecto que demonstra a aceitação é o facto de já se encontrarem em fase de implementação linhas em que todos os postos de trabalho utilizam a rede AS-i.

Para um desenvolvimento futuro, e de forma ser possível reutilizar o equipamento, poderão ser criados módulos a adicionar no software. Estes possibilitaram a adaptação na célula de outras ferramentas automáticas para realizar outros processos como por exemplo a soldadura ou aplicação de fluidos.

Em termos pessoais, mesmo tendo sido um projecto complicado devido à intensidade com que se vive no mundo empresarial, o balanço é extremamente positivo pois dotou-nos de grandes capacidades e conhecimentos.

Bibliografia

1. Michael, McKelvy, “Visual Basic 6 Desktop Apllications Study Guide”, Sybex.
2. Janome, “Operation Manual <Basic Instrucions>”, Janome, 2004
3. Janome, “Operation Manual <TP Operation>”, Janome, 2004
4. Janome, “Operation Manual <External Control>”, Janome, 2004
5. Janome, “Operation Manual <Maintenance >”, Janome, 2004
6. IFM, “Introdução à interface AS”, IFM, 2006
7. IFM, “Sistema de bus AS-Interface”, IFM, 2006
8. Atlas Copco, “Industrial Power Tools”, Atlas Copco, 2007
9. Atlas Copco, “Formacion I e II”, Atlas Copco, 2006
10. http://en.wikipedia.org/wiki/AS-Interface
11. http://as-interface.net/System/
12. http://www.vbforums.com/showthread.php?t=391665
13. http://www.garybeene.com/code/visual%20basic.htm
14. http://www.ifm.info/ifmpt/web/home.htm

Referências

[1] http://www.janome.co.jp/industrial/eng/products/scara_robot/js_series/index.html

[2] http://www.cp.com/en/whatwedo/powertools/
http://www.desouttertools.com/en/
http://www.hilti.pt/
http://www.boellhoff.com/en/de/assembly_systems/screw_fastening__feeding.php
http://www.atlascopco.pt/ptus/products/ProductAreas/industrialtools/index.asp
http://www.powertools.us/power-screwdriver.html

[3] http://194.132.104.144/Websites/TOOLS/Products/main.nsf/vMain/index.html?opendocument&country=PT

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/Light_curtain

[5] http://www.siemens.com.br/templates/produto.aspx?channel=3796&produto=6810

[6] Operation Manual <External Control II>, Janome, 2004